WAGENINGEN UR
For quality of life

Biologische bestrijding van bladluis in paprika

Evaluatie van nieuwe sluipwespen en gaasvliegen

Gerben J. Messelink[1], Laxmi Kok[1], Chantal M.J. Bloemhard[1], Hans Hoogerbrugge[2] en Jeroen van Schelt[2]

[1] Wageningen UR Glastuinbouw
[2] Koppert Biological Systems





Productschap Tuinbouw

KOPPERT BIOLOGICAL SYSTEMS

Rapport GTB-1143



Referaat

Biologische bestrijding van bladluis in paprika is zeer lastig en kostbaar, waardoor de bestrijding in de gangbare teelt nog sterk leunt op inzet van insecticiden. De wens is om minder afhankelijk te zijn van deze middelen, omdat ze een risico vormen voor vervuiling van het oppervlaktewater en overschrijding van residu-eisen van supermarktketens.

In paprika zijn de perzikluis *Myzus persicae* (groene en rode varianten) en boterbloemluis *Aulacorthum solani* de meest schadelijke bladluissoorten. In dit onderzoek zijn nieuwe sluipwespen en gaasvliegen beoordeeld als bestrijders van deze bladluissoorten. De bestrijding van rode perzikluis kon aanzienlijk verbeterd worden met de sluipwesp *Aphidius matricariae*. Het lijkt erop dat deze wespen actiever zijn in dichte bladluiskolonies. Inmiddels is deze soort op de markt gebracht en wordt hij volop ingezet bij paprikatelers. Voor boterbloemluis is deze wesp niet geschikt. *Aphidius ervi* is en blijft een effectieve sluipwesp voor de bestrijding van boterbloemluis. Voor de bestrijding van zowel boterbloemluis en perzikluis lijkt *Aphidius gifuensis* interessant. De waarde van deze sluipwesp moet nog verder beoordeeld worden op praktijkschaal. Bij de gaasvliegen bleken verschillende soorten zeer effectief bladluis te bestrijden in kooien, vooral soorten waarvan de volwassenen ook bladluis eten. Echter, bij loslatingen in kassen blijken de gaasvliegen zich maar nauwelijks of helemaal niet te vestigen. Voor de bestrijding van bladluishaarden met gaasvlieglarven lijkt de soort *Chrysoperla lucasina* een goede keuze te zijn.

Abstract

Biological control of aphids is one of the major challenges in sweet pepper. Most conventional growers still use insecticides to control aphids, but the market demands less residues. Also the risks of surface water pollution will force growers to switch to alternative control measures. The most damaging aphid species in sweet pepper are the peach aphid *Myzus persicae* and the foxglove aphid *Aulacorthum solani*. The aim of this research was to evaluate new parasitoids and lacewings, in order to enhance the biological control system of aphids in sweet pepper. In greenhouse trials we showed that *Aphidius matricariae* was more effective in controlling the peach aphid than the commonly used species *Aphidius colemani*. Control of the foxglove aphid was still most effectively done by the common species *Aphidius ervi*. The parasitoid *Aphidius gifuensis* is a promising candidate for biological control of both foxglove aphids and green peach aphids in sweet pepper, especially when these aphids occur together, but this species needs further evaluation in practice. Several lacewing species were very successful in controlling both aphid species in cage experiments, but none of them was able to establish in a larger crop. The control of aphids by lacewing larvae was most effectively done by the species *Chrysoperla lucasina*.

© 2011 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Wageningen UR Glastuinbouw.

Wageningen UR Glastuinbouw

Adres	:	Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk
	:	Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk
Tel.	:	0317 - 48 56 06
Fax	:	010 - 522 51 93
E-mail	:	glastuinbouw@wur.nl
Internet	:	www.glastuinbouw.wur.nl

Inhoudsopgave

	Samenvatting		5
1	Inleiding		7
2	Evaluatie van nieuwe sluipwespen		11
	2.1	Inleiding: beschrijving van sluipwespsoorten	11
	2.2	Opzet experimenten	12
	2.2.1	Bestrijdingseffecten in kooiproeven met sluipwespen van rode perzikluis	12
	2.2.2	Zoekgedrag sluipwespen rode perzikluis	14
	2.2.3	Bestrijdingseffecten in kooiproeven met sluipwespen van boterbloemluis	17
	2.2.4	Zoekgedrag sluipwespen boterbloemluis	17
	2.2.5	Temperatuurgevoeligheid sluipwespen	18
	2.3	Resultaten	18
	2.3.1	Bestrijdingseffecten in kooiproeven met sluipwespen van rode perzikluis	18
	2.3.2	Zoekgedrag sluipwespen rode perzikluis	22
	2.3.3	Bestrijdingseffecten in kooiproeven met sluipwespen van boterbloemluis	24
	2.3.4	Zoekgedrag sluipwespen boterbloemluis	26
	2.3.5	Temperatuurgevoeligheid sluipwespen	26
	2.4	Discussie en conclusies	27
3	Bestrijding van 2 bladluissoorten met één sluipwespsoort		29
	3.1	Inleiding	29
	3.2	Opzet experimenten	29
	3.2.1	Kasproef met rode perzikluis en boterbloemluis	29
	3.2.2	Gedragsobservaties in het laboratorium	30
	3.3	Resultaten	30
	3.3.1	Kasproef met rode perzikluis en boterbloemluis	30
	3.3.2	Gedragsobservaties in het laboratorium	32
	3.4	Discussie en conclusies	33
4	Evaluatie van nieuwe gaasvliegsoorten		35
	4.1	Inleiding: beschrijving van gaasvliegsoorten	35
	4.2	Opzet experimenten	36
	4.2.1	Effecten van volwassen gaasvliegen op rode perzikluis	36
	4.2.2	Effecten van volwassen gaasvliegen op boterbloemluis	37
	4.2.3	Effecten van gaasvlieglarven op rode perzikluis en boterbloemluis	37
	4.2.4	Evaluaties loslatingen volwassen gaasvliegen	38
	4.3	Resultaten	39
	4.3.1	Effecten van volwassen gaasvliegen op rode perzikluis	39
	4.3.2	Effecten van volwassen gaasvliegen op boterbloemluis	41
	4.3.3	Effecten van gaasvlieglarven op rode perzikluis en boterbloemluis	42
	4.3.4	Evaluaties loslatingen volwassen gaasvliegen	43
	4.4	Discussie en conclusies	43

5 Integratie van bestrijders 45
5.1 Inleiding 45
5.2 Opzet experimenten 45
5.2.1 Kooiproeven met combinaties bestrijders van rode perzikluis 45
5.2.2 Kooiproeven met combinaties van bestrijders van boterbloemluis 46
5.3 Resultaten 46
5.3.1 Kooiproeven met combinaties bestrijders van rode perzikluis 46
5.3.2 Kooiproeven met combinaties van bestrijders van boterbloemluis 47
5.4 Discussie en conclusies 49

6 Praktijkevaluaties nieuwe sluipwespen 50
6.1 Inleiding 50
6.2 Opzet waarnemingen 50
6.3 Resultaten 50
6.4 Discussie en conclusies 51

7 Conclusies en aanbevelingen 52

8 Referenties 54

Samenvatting

Biologische bestrijding van bladluis in paprika is zeer lastig en wordt in de biologische teelt van paprika als het grootste knelpunt gezien. De twee belangrijkste bladluissoorten zijn de perzikluis *Myzus persicae* en de boterbloemluis *Aulacorthum solani*. Bladluis is in de gangbare teelt nog een van de laatste plaagorganismen die vooral chemisch wordt bestreden. De wens is om minder afhankelijk te zijn van deze chemische bestrijding, omdat de insecticiden tegen bladluis een risico vormen voor vervuiling van het oppervlaktewater en overschrijding van residu-eisen van supermarktketens.
Het doel van dit onderzoek was om de biologische bestrijding van bladluis in paprika te verbeteren met nieuwe sluipwespen en gaasvliegen. Het eerste deel van het onderzoek heeft zich gericht op het verzamelen en evalueren van nieuwe natuurlijke vijanden. Voor het ontwikkelen van een goede uitzetstrategie is gekeken naar de bestrijding van twee bladluissoorten tegelijk en naar combinaties van bestrijders.
Biologische bestrijding van bladluis met sluipwespen werd tot nu toe voornamelijk gedaan met de soorten *Aphidius colemani* en *Aphidius ervi*, maar het is niet bekend of deze soorten wel de meeste effectieve bestrijders van perzikluis en boterbloemluis in paprika zijn. In dit onderzoek zijn deze twee sluipwespsoorten vergeleken met vier nieuwe soorten, namelijk *Aphidius matricariae*, *Aphidius gifuensis*, *Ephedrus cerasicola* en *Praon volucre*. Er is in kooi- en kasproeven gekeken naar effectiviteit en zoekgedrag van verschillende soorten sluipwespen tegen perzikluis en boterbloemluis. De bestrijding van rode perzikluis kon aanzienlijk verbeterd worden met de sluipwesp *Aphidius matricariae* . Het lijkt erop dat deze wespen actiever zijn in dichte bladluiskolonies. Inmiddels is deze soort op de markt gebracht en wordt hij volop ingezet bij paprikatelers. Ook bij praktijkevaluaties werd deze sluipwesp goed beoordeeld. De sluipwesp *A. ervi* was zeer effectief in de bestrijding van rode perzikluis in kooien. Echter, het aantal nakomelingen in de kooien was zeer laag. Het bestrijdend effect is dus vooral toe te schrijven aan verstoring van bladluishaarden. De sluipwesp *A. gifuensis* geeft een goede bestrijding van rode perzikluis, welke vergelijkbaar is met *A. colemani*. De sluipwesp *P. volucre* is geen effectieve bestrijder van rode perzikluis. In de zoekproef was *P. volucre* wel effectief, maar de soort kan zich niet goed ontwikkelen op deze bladluis, waardoor er in de kooien geen goede bestrijding was, maar slechts een vertraging van de populatieopbouw van rode perzikluis. Van de sluipwespsoorten *P. volucre, A. ervi, A. colemani, A. matricariae* en *A. gifuensis*, was in de zomer (juli-augustus) *A. ervi* het meest effectief in het opsporen en parasiteren van perzikluishaarden. In het najaar (september-oktober) was *A. colemani* het meest effectief. Mogelijk dat de kortere daglengtes in het najaar een negatief effect hadden op het zoekgedrag van *A. ervi*. De bestrijding van boterbloemluis is effectief met de sluipwespsoorten *A. ervi, A. gifuensis* en *P. volucre*. *Aphidius matricariae* is niet is staat om boterbloemluis te parasiteren, maar kan wel een vertraging van de bladluisontwikkeling geven door verstoring van haarden. Van de sluipwespsoorten *P. volucre, A. ervi* en *A. gifuensis*, was in de zomer (juli-half september) *A. ervi* het meest effectief in het opsporen en parasiteren van boterbloemluishaarden. In het najaar (oktober) was *P. volucre* het meest effectief. De sluipwesp *E. cerasicola* schiet bij zowel bij boterbloemluis als rode perzikluis tekort in de bestrijding.
De sluipwespen *A. colemani* en *A. matricariae* kunnen beide bij 15 °C bladluizen parasiteren. *Aphidius matricariae* lijkt iets effectiever te zijn bij 15 °C dan *A. colemani* . De sluipwesp *A. gifuensis* lijkt beter te presteren bij hogere temperaturen dan bij lagere.
In paprika gebeurt het regelmatig dat boterbloemluis en perzikluis tegelijkertijd voorkomen. Bij de sluipwespen *A. matricariae* en *A. gifuensis* is gekeken in hoeverre de aanwezigheid van één bladluissoort de bestrijding van de andere bladluissoort met deze sluipwespen beïnvloedt. *Aphidius gifuensis* is een sluipwesp die zowel boterbloemluis als rode perzikluis goed parasiteert. De bestrijding van rode perzikluis ging beter in de kooien met boterbloemluis en de bestrijding van boterbloemluis werd niet beïnvloedt door de aanwezigheid van perzikluis. Bij *A. matricariae* is er een duidelijk effect op boterbloemluis wanneer er ook perzikluis aanwezig is. Deze sluipwesp kan zich alleen ontwikkelen in perzikluis en niet in boterbloemluis, maar de wespen die uit perzikluis komen kunnen wel de boterbloemluis verstoren. Opvallend was dat de bestrijding van rode perzikluis slechter was in aanwezigheid van boterbloemluis dan zonder boterbloemluis. Een mogelijke verklaring voor dit verschijnsel is dat de sluipwespen hun energie verspillen aan de ongeschikte gastheer boterbloemluis, waardoor er minder populatieopbouw is van de sluipwespen en minder effect op rode perzikluis. Het is daarom aan te bevelen om in periodes dat beide bladluizen voorkomen, een sluipwesp in te zetten die beide soorten parasiteert. Dit kan bijvoorbeeld met *A. gifuensis* of met *A. ervi*.

Naast sluipwespen is in dit project ook gekeken naar nieuwe gaasvliegsoorten. Tot nu toe wordt alleen de groene gaasvlieg *Chrysoperla carnae* ingezet als larven om bladluishaarden te bestrijden. De volwassen gaasvliegen van deze soorten eten geen bladluis en de soort blijkt zich ook slecht te vestigen in kassen. In Europa komen tientallen andere soorten voor, waaronder gaasvliegen waarvan de volwassenen ook bladluis eten. In dit onderzoek zijn 6 soorten vergeleken, namelijk *Chrysoperla affinis* (carnea-complex), *Chrysoperla lucasina* (carnea-complex),
Chrysoperla rufilabris, *Chrysopa perla, Chrysopa pallens* en *Micromus variegatus*. In kooiproeven blijken sommige soorten zeer effectief te zijn tegen bladluis, maar tot nu toe is er nog geen goede vestiging en populatieopbouw in kassen waargenomen. De reden hiervoor is onbekend. Voor de bestrijding van bladluis met gaasvlieglarven, zoals dat tot nu toe gebruikelijk is, is het aan te bevelen om in plaats van *C. affinis* de soort *C. lucasina* in te zetten, omdat het effect van larven beter was dan bij *C. affinis*. Verder produceerde deze soort meer nakomelingen in de kooien van rode perzikluis dan de standaard soort.
Tot slot is in dit onderzoek gekeken naar combinaties van bestrijders. Bij de combinatie van bruine gaasvliegen en *A. colemani* werd gevonden dat deze 2 bestrijders elkaar goed aanvullen bij de bestrijding van rode perzikluis (additief effect). De toevoeging van de sluipwesp *A. gifuensis* aan *A. ervi* leverde geen verbeterde bestrijding van boterbloemluis op.
Dit onderzoek laat zien dat bladluisbestrijding absoluut verbeterd kan worden met nieuwe bestrijders. Het probleem is nog wel dat een volledige biologische bestrijding nog erg duur is. Verder blijven sluipwespen gevoelig voor hyperparasieten, wat de bestrijding behoorlijk kan verstoren. Het relatief dure systeem op basis van wekelijkse loslatingen van o.a. sluipwespen kan een enorme blokkade zijn voor telers die willen omschakelen naar residuvrije teeltsystemen. Het is daarom zaak een zodanige aanpak te ontwikkelen dat ook de bestrijding van bladluis zonder chemische middelen op een goedkope en betrouwbare manier gedaan kan worden. Voor zo'n aanpak is een systeembenadering nodig die het totale teeltsysteem zo weerbaar mogelijk maakt.

1 Inleiding

Biologische bestrijding van bladluis in paprika is zeer lastig en wordt in de biologische teelt van paprika als het grootste knelpunt gezien. De twee belangrijkste bladluissoorten zijn de perzikluis *Myzus persicae* en de boterbloemluis *Aulacorthum solani*. Van de perzikluis zijn verschillende "fenotypen" bekend die variëren in kleur van donkergroen, lichtgroen, rood-groen tot felrood. Door sommigen worden deze fenotypen ook wel als aparte ondersoorten beschouwd. Deze fenotypen verschillen ook in gedrag en gevoeligheid voor sluipwespen (Gillespie *et al.* 2009). Vooral de rode variant, ook wel de "rode luis" genoemd, is hardnekkig doordat deze sterk clusteren in de groeischeuten en bloemknoppen van de plant (Figuur 1.). Door bloemuitval ontstaat al snel oogstderving. Bovendien geeft veel honingdauwafscheiding al snel vruchtvervuiling (Figuur 2.).

De boterbloemluis geeft ook bij lage dichtheden al snel schade doordat ze een typische plantreactie veroorzaken van sterke groeimisvormingen en gele vlekken (Figuur 3.). Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de toxinen die de bladluizen afscheiden. Bij hoge dichtheden laat de plant zelfs zijn blad vallen. Boterbloemluis wordt vaak onderin het gewas aangetroffen, waardoor aantasting vaak pas laat wordt ontdekt. Een mogelijke reden hiervoor is dat deze bladluizen zich bij verstoring zeer snel laten vallen, waarna de planten vanuit de plantvoet weer herkoloniseren (Figuur 4.).
Bladluis is in de gangbare teelt nog een van de laatste plaagorganismen die vooral chemisch wordt bestreden. Om verschillende redenen is het echter van belang om ook in de gangbare paprikateelt zwaarder te gaan leunen op biologische bestrijding van bladluis:

1. Boterbloemluis geeft snel schade en is lastig beheersbaar op sommige bedrijven.
2. Het gebruik van de bladluismiddelen Plenum® (pymetrozine), Admire® (imidacloprid) en Pirimor® (pirimicarb) staat sterk onder druk vanwege vanwege overschrijdingen in het oppervlaktewater (Tolman 2010, Waterkwaliteit glastuinbouwgebied Delfland 2005-2009).
3. Supermarktketens eisen steeds lagere MRL's, waardoor er behoefte is aan alternatieven voor chemische bestrijding.
4. Het is bekend dat bladluizen snel resistentie kunnen ontwikkelen. Geïntegreerde bestrijding kan dit voorkomen of uitstellen.

Het doel van dit onderzoek was om de biologische bestrijding van bladluis in paprika te verbeteren met nieuwe sluipwespen en gaasvliegen. Het eerste deel van het onderzoek heeft zich gericht op het verzamelen en evalueren van nieuwe natuurlijke vijanden. Voor het ontwikkelen van een goede uitzetstrategie is gekeken naar de bestrijding van twee bladluissoorten tegelijk en naar combinaties van bestrijders.



Figuur 1. Rode luis in de kop van een paprikaplant.



Figuur 2. Vervuiling van vruchten (“vette” vruchten) door honingdauw van rode luis.



Figuur 3. Groeimisvormingen in paprika, veroorzaakt door boterbloemluis.



Figuur 4. Herkolonisatie van plantvoet door boterbloemluis.

2 Evaluatie van nieuwe sluipwespen

2.1 Inleiding: beschrijving van sluipwespsoorten

Biologische bestrijding van bladluis met sluipwespen werd tot nu toe voornamelijk gedaan met de soorten *Aphidius colemani* en *Aphidius ervi*. Beide wespen behoren tot de Aphidiidae en deze groep van wespen wordt algemeen gezien als zeer succesvolle bladluisbestrijders (Stary, 1988). Wespen uit andere groepen, zoals Aphelinus-soorten, kunnen ook een belangrijke bijdrage leveren, maar ontwikkelen zich veel trager en kunnen daardoor minder snelle een bladluispopulatie onder controle brengen.
Aphidius colemani is begin jaren negentig op de markt gebracht voor de bestrijding van katoenluis in komkommer, wat destijds een groot probleem was (Van Steenis, 1995). Deze soort parasiteert ook perzikluis, maar géén boterbloemluis. Voor de bestrijding van relatief grote bladluizen, waaronder boterbloemluis, wordt *A. ervi* ingezet. Het is duidelijk dat deze twee sluipwespsoorten niet speciaal geselecteerd zijn voor de bladluisbestrijding in paprika. Dit was de reden om opnieuw een aantal soorten te verzamelen en te testen als bestrijders van zowel rode luis als boterbloemluis. Een bijkomend voordeel van sluipwespen kan zijn dat ze allebei deze bladluissoorten parasiteren. Dit vergroot de vestigingsmogelijkheden van deze sluipwespen, wat mogelijk een voordeel is om vroege infecties van boterbloemluis te parasiteren. In totaal zijn 6 soorten getest, waarvan 4 nieuwe soorten (Tabel 1.).

Tabel 1. Sluipwespsoorten die zijn getest tegen rode perzikluis en boterbloemluis.

Naam sluipwesp	oorsprongsgebied	Parasitering rode perzikluis	Parasitering boterbloemluis
Aphidius colemani	Zuid-oost Azië	+	-
Aphidius ervi	Nederland	+/-	+
Aphidius matricariae	België, Spanje	+	?
Aphidius gifuensis	Azië (Japan)	+	+
Ephedrus cerasicola	België	+	+
Praon volucre	België	+	+

De soort *Aphidius matricariae* lijkt een belangrijke bestrijder van perzikluis te zijn, omdat deze soort dominant aanwezig was bij veldwaarnemingen in Zuid-Europa (Kavallieratos *et al.* 2010) en in kassen in Spanje (Sanchez *et al.* 2011) en Canada (Acheampong *et al.* 2007). *Aphidius gifuensis* was de meest dominante sluipwesp van zowel perzikluis als boterbloemluis bij veldstudies in Japan (Takada, 2002). In het verleden is in Noorwegen veel onderzoek gedaan aan *Ephedrus cerasicola* als parasiet van perzikluis (Hofsvang & Hagvar, 1982), maar deze soort is nooit goed getest als biologische bestrijder in kassen. Tot slot is de soort *Praon volucre* getest, omdat deze soort in natuurlijke ecosystemen en in kassen zowel boterbloemluis als perzikluis parasiteert (Kavallieratos *et al.* 2010; Sanchez *et al.* 2011). De wespen zijn alleen goed te onderscheiden op basis van morfologische eigenschappen onder een microscoop. Wel kunnen de mummies van *Aphidius, Ephedrus* en *Praon* onderscheiden worden, doordat de mummies van *Ephedrus* zwart zijn en die van *Praon* op een rond voetstuk staan (Figuur 5.).



Figuur 5. Mummies van het geslacht Aphidius (links), Ephedrus (midden) en Praon (rechts).

In dit project zijn bovengenoemde sluipwespen beoordeeld als bestrijder van rode perzikluis en boterbloemluis in grote insectenkooien waarbinnen een aantal paprikaplanten geteeld kon worden. Bij toepassing in kassen hebben sluipwespen echter de keuze om weg te vliegen van een bladluishaard, terwijl in een insectenkooi dit niet zo is. Daarom zijn alle sluipwespen ook op grotere schaal getest op hun vermogen om bladluishaarden op te sporen en te parasiteren. Tot slot is in het laboratorium naar de temperatuurgevoeligheid van 3 soorten sluipwespen gekeken.

2.2 Opzet experimenten

De effectiviteit van sluipwespen tegen rode luis en boterbloemluis is in de eerste plaats beoordeeld op basis van de bestrijdingseffecten in kooiproeven en in de tweede plaats op basis van het zoekvermogen in kassen. Beide onderdelen worden hieronder per bladluissoort afzonderlijk uitgewerkt. In alle experimenten is gebruik gemaakt van paprikaplanten van cv Ferrari (Enza Zaden), die telkens pesticidenvrij werden opgekweekt bij een biologische plantenkweker.

2.2.1 Bestrijdingseffecten in kooiproeven met sluipwespen van rode perzikluis

Kooiproeven zijn uitgevoerd in grote inloopkooien met een afmeting van 1*2*2 m die voorzien waren van fijn insectengaas (maaswijdte 0,22 * 0,31 mm). Daardoor konden behandelingen goed gescheiden worden van elkaar en was het mogelijk om populaties in de kooien over de tijd heen te volgen met niet-destructieve tellingen door waarnemers in de kooien. Per proef zijn 28 van deze kooien in een kasafdeling van 144 m^2 geplaatst (Figuur 6.). Per kooi werden 4 paprikaplanten geteeld in 10l-potten die gevuld waren met een mengsel van witveen en iersveen (50:50), waarbij het iersveen fractie 2 heeft (brokjes >16 mm). Dit werd standaard bekalkt en bemest. Iedere plant werd standaard bemest via 2 druppelaars. Bij iedere plant werden 3 stengels aangehouden. De planten werden doorgeteeld tot ze een lengte van ongeveer 1 meter hadden voordat bladluizen en sluipwespen werden aangebracht. Per proef werden telkens 7 behandelingen getest met 4 herhalingen, waaronder een controlebehandeling zonder bestrijders (met uitzondering van kasproef 2). In 3 kasproeven zijn sluipwespen tegen rode perzikluis getest (Tabel 2.). Daarvoor zijn altijd sluipwespvrouwtjes gebruikt van maximaal 1 dag oud. Deze vrouwtjes hadden gepaard en toegang tot honingwater na het uitkomen.
Bladluis werd uitgezet door verschillende stadia met een penseeltje op de bovenste bladeren van een plant te plaatsen. In de eerste proef werd op ieder stengel van de plant een groepje van 10 bladluizen geplaatst, wat neer komt op 120 bladluizen in totaal. Dit resulteerde 2 weken na de introductie in gemiddeld 2600 bladluizen per kooi. Na deze voortelling werden per kooi 100 sluipwespvrouwtjes uitgezet. De verhouding sluipwesp : bladluis was dus 1 : 26 (Tabel 2.). In de tweede proef werden planten besmet met 5 bladluizen per plant. Dit resulteerde na 2 weken in een gemiddelde dichtheid van 900 bladluizen per kooi. Na deze voortelling werden per kooi 30 sluipwespvrouwtjes uitgezet, wat een verhouding sluipwesp : bladluis geeft van 1 : 30 (Tabel 2.). In de derde proef werden weer 10 bladluizen per plantenscheut ingezet, wat 2 weken later resulteerde in gem. 1200 bladluizen per kooi.

Na deze voortelling werden per kooi 40 sluipwespvrouwtjes uitgezet, wat een verhouding sluipwesp : bladluis geeft van 1 : 30 (Tabel 2.). In deze kasproef zijn 2 lijnen van *A. colemani* meegenomen in het onderzoek, de ene soort gekweekt op katoenluis en de ander op perzikluis (Tabel 2.). Verschillen tussen de soorten zijn aangegeven door te kijken naar het drooggewicht van de sluipwespen bij de start van de kasproef (Tabel 3.).
In de 4 weken na introductie van de sluipwespen werden wekelijks het aantal bladluizen en mummies per kooi geteld. Dit werd gedaan door willekeurig 12 bladeren bovenin het gewas en 12 bladeren onderin het gewas te selecteren, verdeeld over de 4 planten en 12 plantscheuten. Bij ieder blad werd zowel aan de bovenkant als de onderkant het totaal aantal bladluizen en geparasiteerde bladluizen (mummies) geteld. Bij het tellen van de mummies werd geen onderscheid gemaakt tussen dichte en reeds uitgekomen mummies. De tellingen zijn dus cumulatief. De klimaatomstandigheden in de kooien vanaf het moment dat de bladluizen zijn aangebracht in de 3 kasproeven zijn weergegeven in Tabel 2. Verschillen in bladluis- en mummiedichtheden tussen de behandelingen werden in al deze proeven geanalyseerd met een repeated measures ANOVA, gevolg door Fishers Least Significant Differences (LSD) methode. Daarvoor is gebruik gemaakt van het statistische softwareprogramma Genstat.



Figuur 6. Overzicht van kas met insectenkooien.

Tabel 2. Overzicht van kasproeven waarin sluipwespen tegen rode perzikluis zijn getest.

Kasproef	Getoetste sluip-wespen	Ratio sluipwesp:bladluis bij start	Periode	Temperatuur (°C)	RV (%)
1	*A. colemani* *A. ervi* *A. matricariae* *A. gifuensis* *E. cerasicola* *P. volucre*	1: 26 (*bij A. gifuensis* lag dit op 1: 33 doordat bij deze wesp minder is ingezet)	maart –april 2009	Gem. 22,3 Min. 18,4 Max. 30,5	Gem. 69 Min. 52 Max. 82
2	*A. colemani* *A. matricariae* *A. gifuensis*	1: 30	juli-september 2009	Gem. 23,3 Min. 20.0 Max. 33,4	Gem. 77 Min. 48 Max. 94
3	*A. colemani* – hAg1 *A. colemani* – hMp2 *A. matricariae* – hMp	1:30	maart-april 2011	Gem. 21,8 Min. 16.6 Max. 30,0	Gem. 65 Min. 29 Max. 82

hAg = host Aphis gossypii, hetgeen betekent dat de sluipwespen op katoenluis zijn opgekweekt.

hMp = host Myzus persicae, hetgeen betekent dat de sluipwespen op perzikluis zijn opgekweekt.

Tabel 3. Gemeten gewichten van sluipwespen (mix van vrouwtjes en mannetjes) van kasproef 3.

Sluipwesp	Gewicht (µg) (± s.e.m.)
A. colemani – hAg (gekweekt op katoenluis)	34.74 (±1.44)
A. colemani – hMp (gekweekt op perzikluis)	64.06 (±1.46)
A. matricariae – hMp (gewkeekt op perzikluis)	66.60 (±0.68)

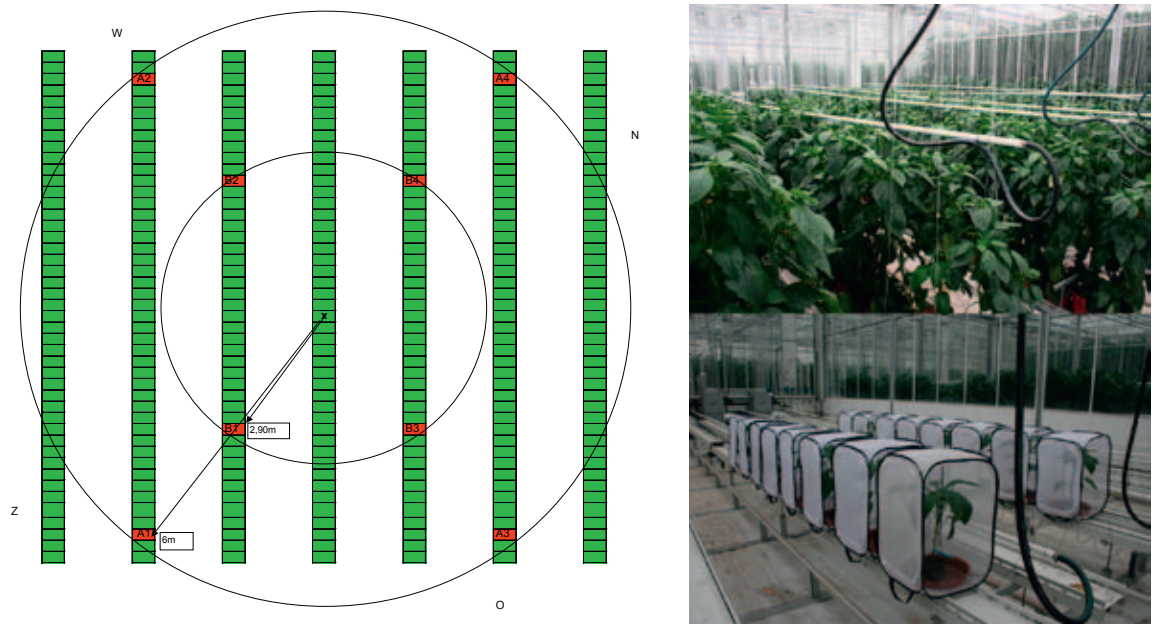
2.2.2 Zoekgedrag sluipwespen rode perzikluis

In twee kasproeven is het zoekgedrag van sluipwespen beoordeeld, met uitzondering van *E. cerasicola*. Daarbij is gekeken over welke afstand ze in staat zijn om nog bladluishaarden op te sporen en in welke mate ze de bladluizen parasiteren. Jonge paprikaplanten die van te voren besmet waren met rode perzikluizen, werden tussen het gewas geplaatst. In de kas werden telkens van iedere sluipwespsoort 20 vrouwtjes van 1 dag oud uitgezet. Deze sluipwespvrouwtjes hadden gepaard en waren gevoed met honingwater. De planten met rode perzikluis werden 24 uur na loslaten van sluipwespen weer uit de kas gehaald. Daarbij werd eerst gekeken of er geen sluipwespen meer op de planten aanwezig waren. Wanneer dit het geval was, werden deze met een aspirator opgezogen en weer teruggeplaatst in de kas. De verwijderde planten werden ieder afzonderlijk in een insectenkooi (60*60*90 cm) in een aparte kas geplaatst. De verwijderde planten in de kas van de zoekproef werden vervangen door nieuwe paprikaplanten met daarop weer een nieuwe kolonie van rode perzikluis. De planten werden op exact dezelfde plek in de kas geplaatst. Na 48 uur zijn ook deze planten, net als de andere in aparte kooien geplaatst. Na 7-10 dagen werd per plant het aantal mummies geteld.
De twee kasproeven verschilden in opzet (Tabel 4.). De eerste proef is uitgevoerd in een kas van 144 m^2 zonder gaas, omdat in de praktijk de luchtramen over het algemeen ook niet van gaas zijn voorzien. Echter, dit heeft als nadeel dat ook andere soorten natuurlijke vijanden de kas in kunnen vliegen en daarmee de proef kunnen verstoren. In de tweede kasproef is daarom gekozen voor een kas met gaas voor de luchtramen. In de eerste proef zijn sluipwespsoorten wekelijks na elkaar beoordeeld. De sluipwespen leven ongeveer een week, waardoor de kans klein is dat overgebleven sluipwespen de volgende proef beïnvloeden. De serie begon en eindigde met de sluipwesp *A. colemani* (Tabel 5.). De aanname was dat wanneer tussen deze 2 herhalingen weinig verschil zit in de effectiviteit van het zoekvermogen, de effecten van klimaat en daglengte en gewaslengte waarschijnlijk een kleinere rol spelen. Op deze manier kunnen wespen in de tijd vergeleken worden. Tabel 5 laat duidelijk zien dat de gemiddelde kastemperatuur lager wordt en dat de luchtvochtigheid toeneemt. Verder neemt de daglengte per week een half uur af (Tabel 5.).
In de tweede proef zijn verschillende soorten sluipwespen tegelijk uitgezet in een iets kleinere kas met insectengaas (Tabel 4.). Daardoor worden ze onder exact dezelfde condities vergeleken. Een keerzijde van deze aanpak is dat de soorten elkaar kunnen beïnvloeden door competitie of andere mogelijke interacties. Deze loslating werd 4 keer in de tijd herhaald, met telkens tussenpozen van 4 weken (Tabel 6.). Na ieder proef werd het gewas met pymetrozine (Plenum®) gespoten, om te voorkomen dat bladluizen zich in het gewas zouden vestigen, waardoor ze de sluipwespen kunnen afhouden van de geplaatste planten met bladluis. Een laatste verschil tussen de 2 kasproeven was dat in de eerste kasproef de wespen in het midden van de kas zijn uitgezet (Figuur 7.), terwijl ze in de tweede kasproef in de hoek van de kas zijn uitgezet. In het laatste geval ontstaat er een grotere afstand tussen het uitzetpunt en de planten met bladluis (Figuur 8.). In de eerste kasproef werd per plant een aantal mummies verzameld om te bepalen of de mummies op de planten ook daadwerkelijk nakomelingen waren van de uitgezette soort.

De verzamelde mummies werden net zolang bewaard totdat de sluipwespen eruit kropen. Deze werden vervolgens in preparaten gestopt voor determinaties onder een microscoop. In de tweede kasproef zijn telkens alle mummies verzameld voor determinatie, omdat hier telkens een mix van sluipwespen aanwezig was. Van alle uitgekweekte mummies zijn sluipwesp-preparaten gemaakt om te kunnen bepalen in welke mate de verschillende soorten sluipwespen bijdragen aan de parasitering. Mummies van *P. volucre* konden direct worden geteld door het het typische uiterlijk van de mummies (Figuur 5.). Wanneer er meer dan 100 mummies per plant aanwezig waren, werden er maximaal 100 mummies verzameld voor determinatie. Vervolgens is naar ratio berekend hoeveel mummies toebehoorden aan de verschillende soorten sluipwespen.

Tabel 4. Overzicht opzet van twee kasproeven waarin het zoekvermogen van sluipwespen is beoordeeld.

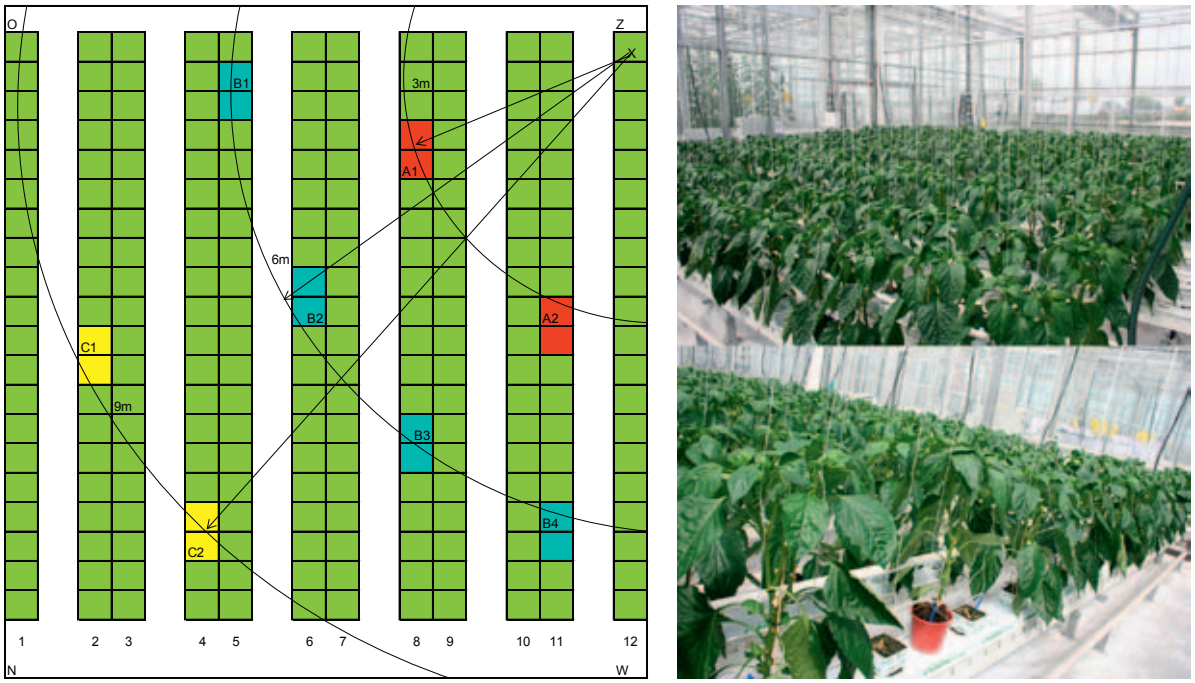
kenmerken proef	zoekproef 1, 2009	zoekproef 2, 2010
gewas	paprika, cv Ferrari	paprika, cv Ferrari
kasgrootte	144 m^2	98 m^2
luchtramen	zonder insectengaas	met insectengaas (maaswijdte .µm)
uitzet sluipwespen	per week 20 vrouwtjes van één soort	mix van 5 soorten sluipwespen tegelijk, van ieder soort 20 vrouwtjes
uitzetplek sluipwespen	in het midden	in een hoek
afstand loslaatpunt tot bladluishaarden	3 en 6 m	3, 6 en 9 m
aantal lokplanten	2 series van 8	2 series van 8
aantal bladluis/plant	ca. 40-70	ca. 300-500
periode	zomer-najaar, wekelijks	4x met tussenpozen van 4 weken
inzet pesticiden	geen	spuiten pymetrazine (Plenum®) na 1 test



Figuur 7. Opzet zoekproef 2009 waarbij sluipwespen in het midden van de kas werden uitgezet. Planten met bladluis (in rood) werden in cirkels met een straal van 3 en 6 meter vanaf het loslaatpunt geplaatst. Planten van dag 1 en dag 2-3 werden geïsoleerd in kooien weggezet om het aantal mummies te beoordelen (foto rechts).

Tabel 5. Gemiddelde kastemperaturen, luchtvochtigheid en daglengtes tijdens de verschillende weken waarin het zoekgedrag van sluipwespen is beoordeeld in 2009. Per week werd één soort sluipwesp beoordeeld, waarbij telkens 20 vrouwtjes zijn uitgezet.

soort sluipwesp	week	temperatuur (°C)	luchtvochtigheid (%)	daglengte (uur)
A. colemani	35	23.0	82	14.0
A. ervi	36	21.5	85	13.5
P. volucre	37	22.4	82	13.0
A. gifuensis	38	21.1	85	12.5
A. matricariae	39	21.6	85	12.1
A. colemani	40	20.6	88	11.6



Figuur 8. Opzet zoekproef 2010 waarbij sluipwespen in de zuidhoek van de kas werden uitgezet. Planten met bladluis werden op 3 en 6 en 9 meter vanaf het loslaatpunt geplaatst.

Tabel 6. Gemiddelde kastemperaturen, luchtvochtigheid en daglengtes tijdens 4 proeven waarin het zoekgedrag van sluipwespen is beoordeeld in 2010. Bij iedere proef werden 20 vrouwtjes van 5 soorten sluipwespen uitgezet A. colemani, A. ervi, A. gifuensis, A. matricariae en P. volucre.

herhaling	week	temperatuur (°C)	luchtvochtigheid (%)	daglengte (uur)	gewaslengte (cm)
1	27	24.1	64	16.5	50
2	31	22.2	75	15.3	90
3	35	22.5	76	13.6	130
4	39	21.8	78	11.8	165

2.2.3 Bestrijdingseffecten in kooiproeven met sluipwespen van boterbloemluis

Het testen van sluipwespen tegen boterbloemluis ging volgens dezelfde methode als het testen van sluipwespen tegen rode perzikluis (zie hierboven). Paprikaplanten werden in de kooien geplant op 29 april 2009. Nadat de planten de hoogte van ca. 1 m hadden bereikt werden ze geïnfecteerd met boterbloemluis. Op 20 en 26 mei zijn respectievelijk 16 en 24 bladluizen per kooi uitzet, dus totaal 40 bladluizen per kooi. Dit resulteerde in een gemiddelde bladluisdichtheid van 400 per kooi op 2 juni. Na deze voortelling werden per kooi 20 sluipwespvrouwtjes uitgezet van 1 dag oud van verschillende soorten (Tabel 7.). Deze hadden gepaard en toegang tot honingwater na het uitkomen. De verhouding sluipwesp : bladluis was dus 1 : 20. De komende 4 weken daarop werd wekelijks het aantal bladluizen en mummies per kooi geteld volgens dezelfde methode als bij rode perzikluis. De klimaatomstandigheden in de kooien vanaf het moment dat de bladluizen zijn aangebracht zijn weergegeven in Tabel 7. Gegevens werden opnieuw met een repeated measures ANOVA geanalyseerd.

Tabel 7. Overzicht van kasproef waarin sluipwespen tegen boterbloemluis zijn getest.

Getoetste sluipwespen	Ratio sluipwesp:bladluis bij start	Periode	Temperatuur (°C)	RV (%)
A. ervi *A. matricariae* België-stam *A. matricariae* Spanje-stam *A. gifuensis* *E. cerasicola* *P. volucre*	1:20	mei –juni 2009	Gem. 23,4 Min. 19,6 Max. 30,6	Gem. 75 Min. 68 Max. 83

2.2.4 Zoekgedrag sluipwespen boterbloemluis

Van de sluipwespen die in de kooiproeven effectief boterbloemluis bestreden is in 2010 het zoekvermogen beoordeeld. Dit waren de soorten *A. ervi, A. gifuensis* en *P. volucre.* Deze wespen zijn op dezelfde wijze en in dezelfde kasproef beoordeeld als waar het zoekgedrag van sluipwespen van rode perzikluis zijn beoordeeld, zoals beschreven in paragraaf 2.2.2. In deze kasproef is de beoordeling van sluipwespen van rode perzikluis telkens afgewisseld met sluipwespen tegen boterbloemluis, met tussenpozen van 2 weken. Uiteindelijk is het zoekgedrag van sluipwespen op boterbloemluis 3 keer herhaald (Tabel 8.). Per beoordeling werden weer 2 series van 8 planten in de kas geplaatst. De gemiddelde dichtheid boterbloemluis per plant was 200 tot 300 individuen. In de tweede en vierde zoekproef is *A. gifuensis* niet uitgezet, omdat er op het moment van uitzetten niet voldoende volwassen wespen beschikbaar waren.

Tabel 8. Gemiddelde kastemperaturen, luchtvochtigheid en daglengtes tijdens 4 proeven waarin het zoekgedrag van sluipwespen is beoordeeld in 2010. Bij ieder proef werden 20 vrouwtjes van 5 soorten sluipwespen uitgezet A. ervi, A. gifuensis en P. volucre.

herhaling	week	temperatuur (°C)	luchtvochtigheid (%)	daglengte (uur)	gewaslengte (cm)
1	29	24	68	16	70
2	33	22.6	79	14.5	110
3	37	21.7	77	12.7	150
4	41	21.2	80	10.8	175

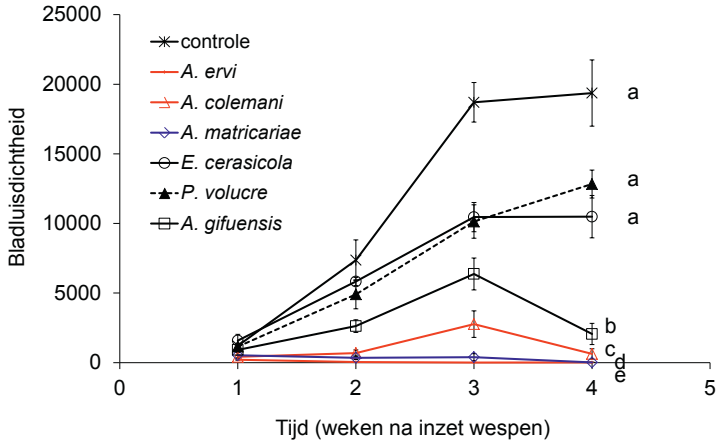
2.2.5 Temperatuurgevoeligheid sluipwespen

De sluipwespen *A. colemani, A. matricariae* en *A. gifuensis* zijn vergeleken in hun gevoeligheid voor lage en hoge temperaturen. Hiervoor is een eenvoudige test opgezet. Individuele vrouwtjes van 1 dag oud zijn voor 24 uur in bakjes met bladluizen geplaatst in klimaatcellen bij 15, 20 en 30 °C bij een RV van 70%. Per soort en temperatuur zijn 6 herhalingen ingezet. In ieder bakje werden 100-150 nimfen van het derde nymfale stadium van rode perzikluis aangeboden (volgens Martinou & Wright (2007) het meest geschikte stadium) op een paprikabladpons (cv Ferrari). Aan ieder bakje werd een druppeltje honing toegevoegd als voedsel voor de sluipwespen. De wespen werden na 24 uur verwijderd en de geparasiteerde bladluizen zijn vervolgens bij dezelfde temperaturen weggezet totdat nieuwe sluipwespen verschenen. Daarbij is de ontwikkelingsduur en reproductie beoordeeld.

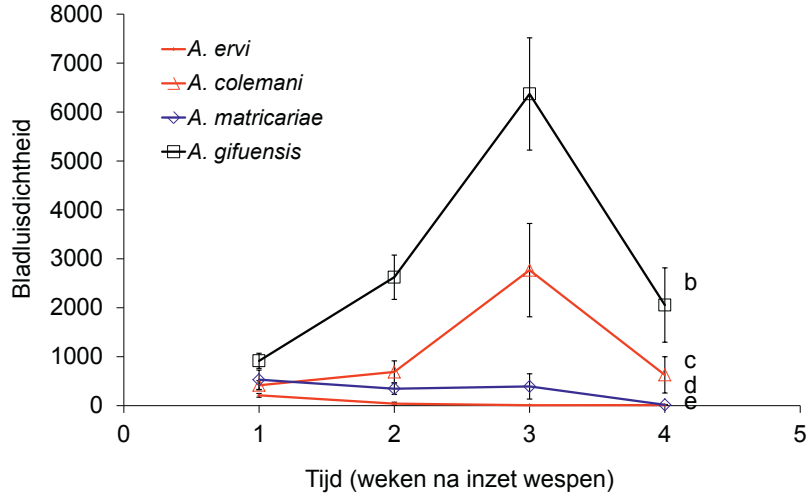
2.3 Resultaten

2.3.1 Bestrijdingseffecten in kooiproeven met sluipwespen van rode perzikluis

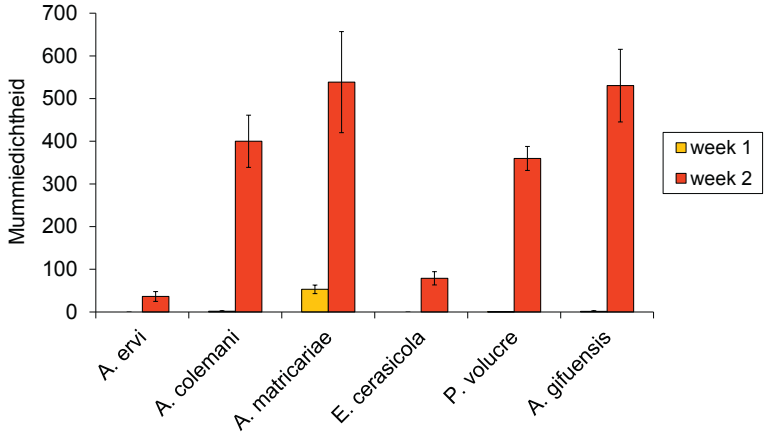
De populatieontwikkelingen van bladluizen en geparasiteerde bladluizen van kooiproef 1 zijn weergegeven in de figuren 8, 9, 10 en 11. De sluipwespen *P. volucre* en *E. cerasicola* hadden géén significant effect op bladluis (Figuur 8.). Van de overige sluipwespsoorten was *A. ervi* het meest effectief. De planten werden volledig schoon. Dit is vooral te wijden aan verstoring, omdat er nauwelijks mummies werden waargenomen (Figuur 10. en 11.). *Aphidius matricariae* was significant beter in de bestrijding van bladluis dan de standaard *A. colemani* (Figuur 8. en 9.). Opvallend was dat bij deze soort als eerste mummies werden gezien (Figuur 10.). De parasiteringspercentages lagen het hoogst bij deze soort (Figuur 12.). Hoewel de bladluizen bij *A. gifuensis* hogere dichtheden bereikten dan bij *A. colemani* (Figuur 9.), was het uiteindelijke parasiteringspercentage tussen deze soorten niet significant verschillend (Figuur 12.). Ook laten de soorten duidelijk een zelfde trend van bladluisontwikkeling zien (Figuur 8.). Bij *A. gifuensis* lag deze ontwikkeling hoger dan bij *A. colemani* omdat er bij de start 20% minder sluipwespen zijn uitgezet. Kasproef 2 bevestigt het beeld van kasproef 1: *A. gifuensis* en *A. colemani* hebben een vergelijkbaar effect op rode perzikluis en *A. matricariae* geeft opnieuw een significant betere bestrijding dan de ander sluipwespsoorten (Figuur 13.). Ook in deze proef is het weer opvallend dat het aantal mummies bij *A. matricariae* in de eerste en tweede week aanzienlijk hoger ligt dan bij *A. colemani* en *A. gifuensis* (Figuur 14.).
In de derde kasproef is gekeken of de gastheer (bladluissoort) waarop de sluipwesp gekweekt wordt invloed heeft op het resultaat van de bestrijding. Dit kan bijvoorbeeld van invloed zijn doordat de gastheer de grootte van de sluipwesp bepaald (Tabel 3.) en mogelijk ook de mate waarin ze aangepast zijn aan het doelorganisme (de te bestrijden bladluissoort). In de vorige proeven is de op perzikluis gekweekte *A. matricariae* altijd vergeleken met de op katoenluis gekweekt *A. colemani*. In deze proef waren beide soorten gekweekt op perzikluis en hadden ze een vergelijkbaar gewicht bij de start van de proef (Tabel 3.). De *A. colemani* van *M. persicae* was bijna 2 maal zo zwaar als de oorsponkelijke lijn gekweekt op katoenluis. De resultaten van de derde proef laten echter zien dat de betere werking van *A. matricariae* ten opzichte van *A. colemani* echt een soortseffect is. Opnieuw werd gevonden dat *A. matricariae* rode perzikluis significant beter bestrijdt dan *A. colemani* (Figuur 15.). Net als in de vorige proeven is ook in deze proef een hogere dichtheid van mummies te zien in de tweede en derde week na inzet van de sluipwespen (Figuur 16.). Uiteindelijk zijn er echter meer mummies bij de behandelingen met *A. colemani* omdat de bladluis daar ook hogere dichtheden bereikte (Figuur 17.). Opvallend is dat bij de eerste bladluistelling, een week na loslating van de sluipwespen, bij de behandeling met *A. matricariae* een aanzienlijk groter deel van de bladluispopulatie laag in het gewas te vinden is (Figuur 18.). Dit kan er op duiden dat *A. matricariae* de bladluizen bovenin het gewas meer verstoort.



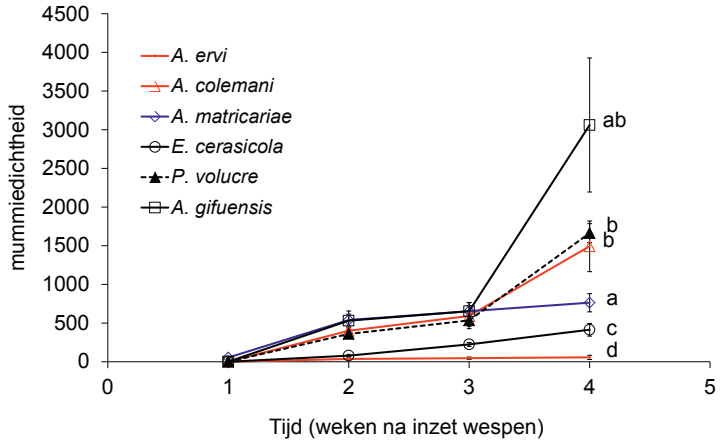
Figuur 8. Effecten van verschillende sluipwespsoorten in kooiproef 1op de populatieontwikkeling van rode perzikluis, weergegeven als gemiddelden per 24 bladeren (± s.e.m.). Verschillende letters geven significante verschillen aan tussen de behandelingen over de tijd heen (Fisher's LSD test, $p < 0.05$).



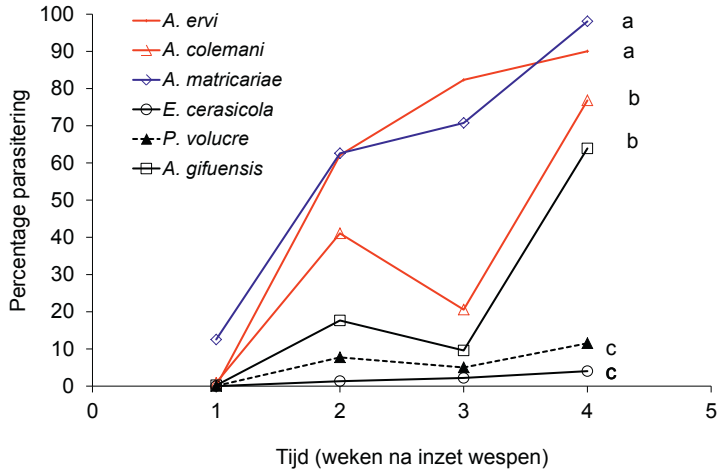
Figuur 9. Effecten van de 4 meest effectieve sluipwespsoorten in kooiproef 1 op de populatieontwikkeling van rode perzikluis (data zijn gelijk aan de data in figuur, 6, maar nu uitgezet op een andere schaal), weergegeven als gemiddelden per 24 bladeren (± s.e.m.). Verschillende letters geven significante verschillen aan tussen de behandelingen over de tijd heen (Fisher's LSD test, $p < 0.05$).



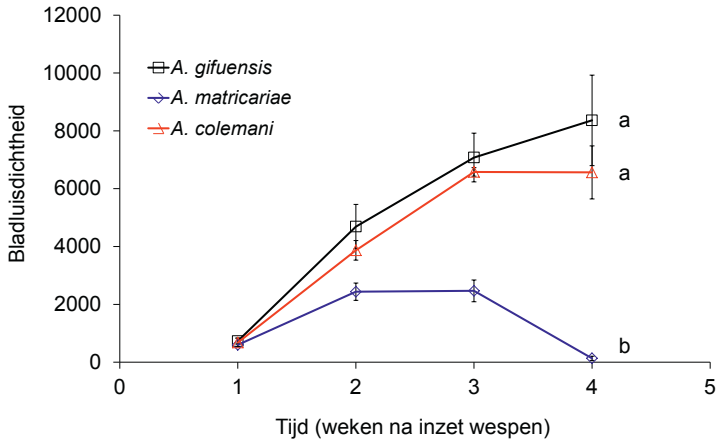
Figuur 10. Gemiddeld aantal mummies per sluipwespsoort per 24 bladeren (± s.e.m.) de eerste 2 weken na introductie van deze sluipwespen in kooien met paprika en rode perzikluis in kooiproef 1.



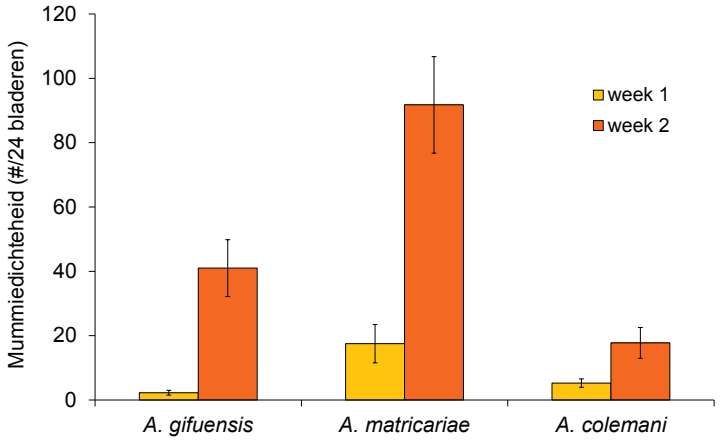
Figuur 11. Cumulatieve populatieopbouw van mummies per sluipwespsoort per 24 bladeren (± s.e.m.) in kooiproef 1. Verschillende letters geven significante verschillen aan tussen de behandelingen over de tijd heen (Fisher's LSD test, $p < 0.05$).



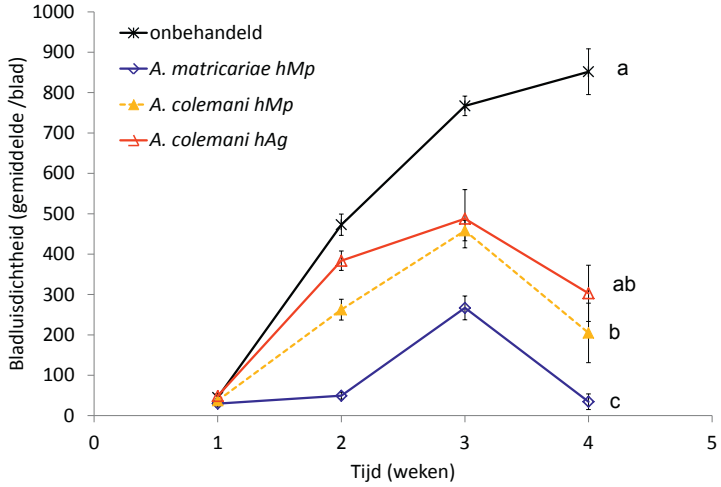
Figuur 12. Effecten van verschillende sluipwespsoorten op de parasiteringspercentages van rode perzikluis in kooiproef 1, weergegeven als gemiddelden per 24 bladeren (± s.e.m.). Verschillende letters geven significante verschillen aan tussen de behandelingen over de tijd heen (Fisher's LSD test, $p < 0.05$).



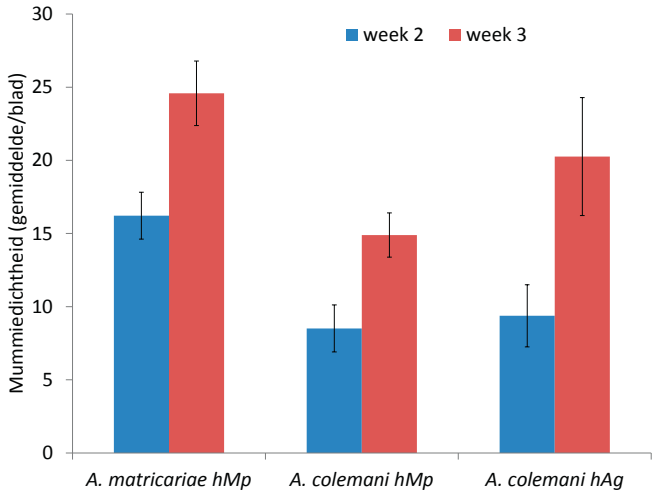
Figuur 13. Effecten van 3 sluipwespsoorten in kooiproef 2 op de populatieontwikkeling van rode perzikluis, weergegeven als gemiddelden per 24 bladeren (± s.e.m.). Verschillende letters geven significante verschillen aan tussen de behandelingen over de tijd heen (Fisher's LSD test, $p < 0.05$).



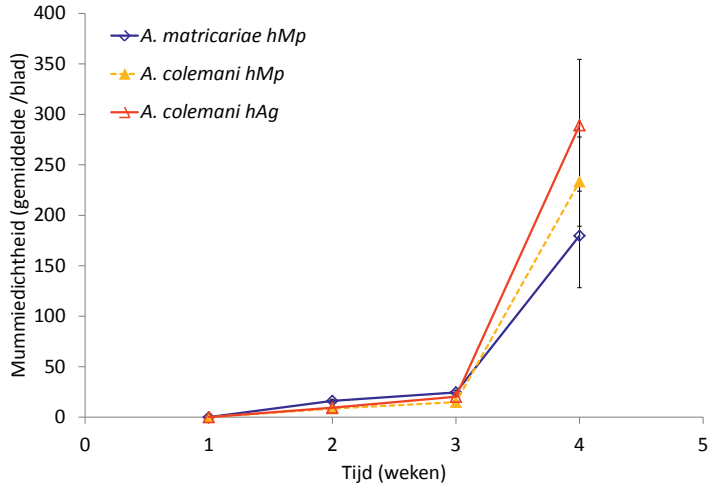
Figuur 14. Gemiddeld aantal mummies per sluipwespsoort per 24 bladeren (± s.e.m.) 1 week en 2 weken na introductie van deze sluipwespen in kooien met paprika en rode perzikluis in kooiproef 2.



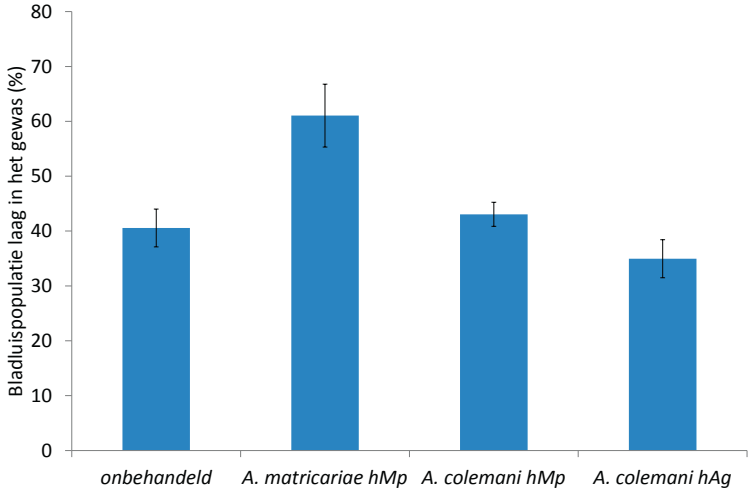
Figuur 15. Effecten van 3 sluipwespbehandelingen op de populatieontwikkeling van rode perzikluis, weergegeven als gemiddelden per blad (± s.e.m.) (kooiproef 3). De soort A. colemani was gekweekt op 2 soorten gastheren de katoenluis (hAg) en perzikluis (hMp), terwijl A. matricariae alleen op perzikluis is gekweekt. Verschillende letters geven significante verschillen aan tussen de behandelingen over de tijd heen (Fisher's LSD test, $p < 0.05$).



Figuur 16. Gemiddeld aantal mummies per sluipwespsoort per blad (± s.e.m.) de eerste 2 weken na introductie van deze sluipwespen in kooien met paprika en rode perzikluis in kooiproef 3. De soort A. colemani was gekweekt op 2 soorten gastheren de katoenluis (hAg) en perzikluis (hMp), terwijl A. matricariae alleen op perzikluis is gekweekt.



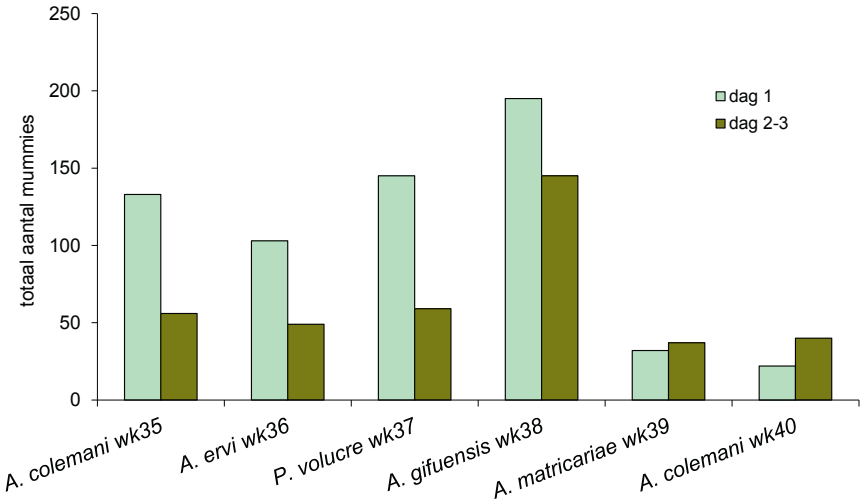
Figuur 17. Toename van mummies van sluipwespen in kooien met paprika en rode perzikluis in kooiproef 3. Weergegeven zijn de gemiddelden per blad (± s.e.m.). De soort A. colemani was gekweekt op 2 soorten gastheren de katoenluis (hAg) en perzikluis (hMp), terwijl A. matricariae alleen op perzikluis is gekweekt.



Figuur 18. Het percentage van de bladluispopulatie (rode perzikluis) dat één week na loslating van de sluipwespen laag in het gewas zit (indicatie voor valgedrag na verstoring door sluipwespen).

2.3.2 Zoekgedrag sluipwespen rode perzikluis

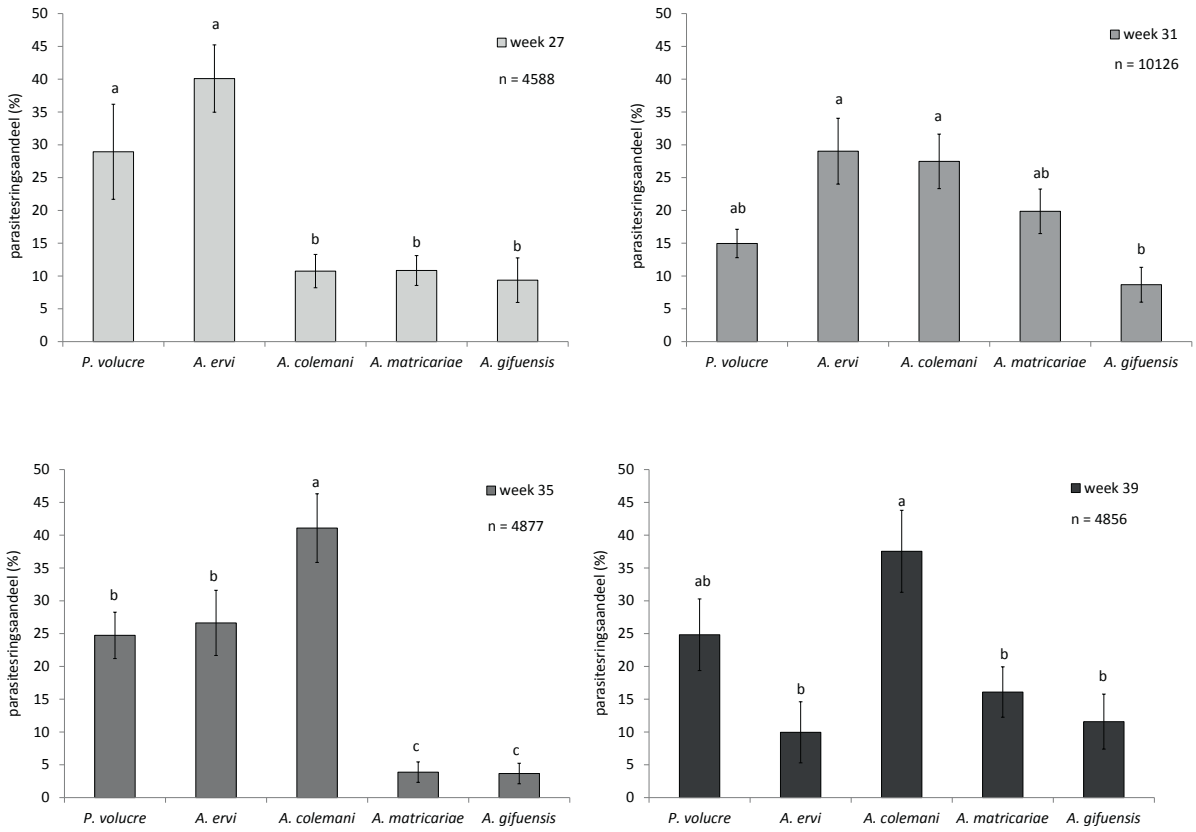
De resultaten van de zoekproef uit 2009 laten zien dat er sterke verschillen zijn tussen de effectiviteit van *A. colemani* in week 35 en 40 (Figuur 19.). Dus waarschijnlijk was er toch een sterke invloed van het klimaat en daglengte op het zoekgedrag van de sluipwespen. Daardoor kunnen de soorten niet betrouwbaar worden vergeleken. Uit de determinaties bleek dat het merendeel van de geparasiteerde bladluizen ook daadwerkelijk geparasiteerd waren door de sluipwespsoort die was ingezet. Alleen bij de laatste waarneming werd ook wat *A. gifuensis* gevonden, wat waarschijnlijk de tweede generatie wespen was van de loslating 2 weken daarvoor. Mogelijk dat deze zijn achtergebleven in het gewas op enkele perzikluizen die naar het teeltgewas zijn overgelopen.



Figuur 19. Aantal nakomelingen van 20 vrouwtjes sluipwespen op 8 paprikaplanten met rode perzikluis 1 dag of 2-3 dagen na loslating. Per week werd één soort sluipwesp uitgezet. De proef is uitgevoerd in 2009.

Opvallend is dat bij alle soorten meer parasitering in de eerste dag is gevonden dan op dag 2-3. Dit klopt met eerder bevindingen dat deze *Aphidius* sluipwespen hun eieren vooral de eerste dagen leggen (van Steenis, 1993). Verder werden bij alle sluipwespsoorten op zowel 3 als 6 m afstand parasitering waargenomen. Wel was er een trend te zien dat bij de grotere sluipwespsoorten *A. ervi* en *P. volucre* 60% van de mummies werd gevonden op de planten die 6 m. van het loslaatpunt stonden, terwijl bij *A. colemani, A. matricariae* en *A. gifuensis* slechts 40% van de mummies op deze planten was te vinden.

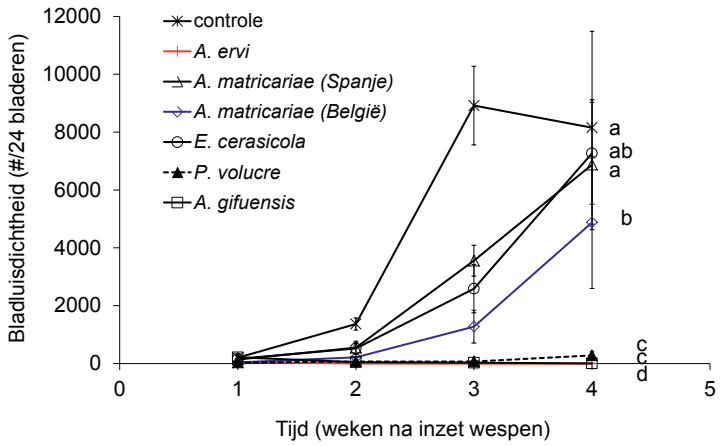
Bij de zoekproef van 2010 werd géén significant effecten van afstand of tijd (na 1 dag of na 2-3 dagen) gevonden. Wel zijn er per proef significante verschillen tussen de sluipwespen gevonden (Figuur 20.). In de eerste zoekproef in week 29 presteren de relatief grote sluipwespen *A. ervi* en *P. volucre* beduidend beter dan de overige Aphidius-soorten (Figuur 20.). Opvallend is dat de het aandeel van *A. ervi* aan het totaal geleidelijk achteruit gaat in de loop van de tijd. In week 41 is het aandeel van *A. ervi* gezakt naar 10 procent, terwijl het aandeel in de eerste proef 40% was. Bij *A. colemani* werd het omgekeerde gevonden: in de latere weken doet deze sluipwesp het relatief goed met een aandeel van 40%, terwijl dit in week 29 op 10% lag (Figuur 20.).



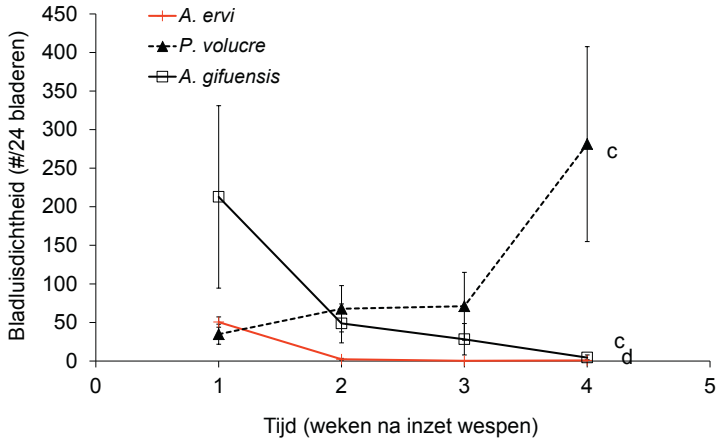
Figuur 20. Parasiteringsaandeel per sluipwespsoort op paprikaplanten met rode perzikluis die op 3, 6 en 9 meter afstand van een loslaatpunt waren geplaatst. Weergegeven zijn de gemiddelde percentages mummies per sluipwespsoort per plant van totaal 16 planten (2 op 3m, 4 op 6m en 2 op 9m na 1 dag en na 2-3 dagen) per proef in de week 27, 31, 35 en 39. Verschillende letters geven significante verschillen aan tussen de sluipwespsoorten per proef (Fisher's LSD test, $p < 0.05$).

2.3.3 Bestrijdingseffecten in kooiproeven met sluipwespen van boterbloemluis

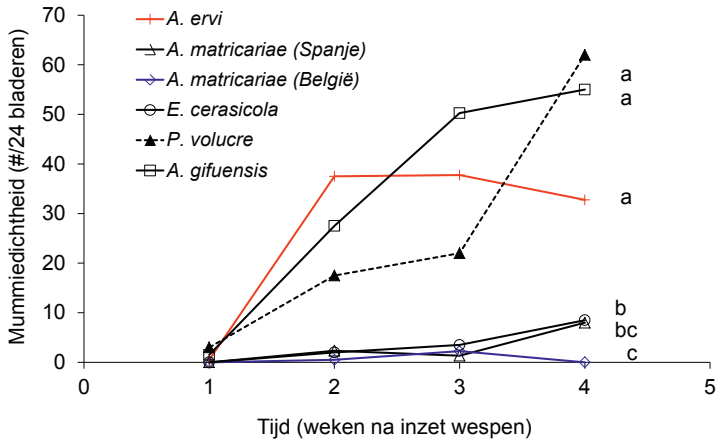
De bestrijding van boterbloemluis was zeer effectief met de sluipwespsoorten *A. ervi*, *A. gifuensis* en *P. volucre* (Figuur 21. en 22.). Het aantal nakomelingen (mummies) van deze soorten was onderling vergelijkbaar (Figuur 23.). Alle andere sluipwespen lieten het afweten qua bestrijding. Opvallend is wel dat *A. matricariae* niet in staat was om boterbloemluis te parasiteren (Figuur 23.), maar toch een significante vertraging gaf van de bladluisontwikkeling (Figuur 21.).



Figuur 21. Effecten van verschillende sluipwespsoorten op de populatieontwikkeling van boterbloemluis, weergegeven als gemiddelden per 24 bladeren (± s.e.m.). Verschillende letters geven significante verschillen aan tussen de behandelingen over de tijd heen (Fisher's LSD test, $p < 0.05$).



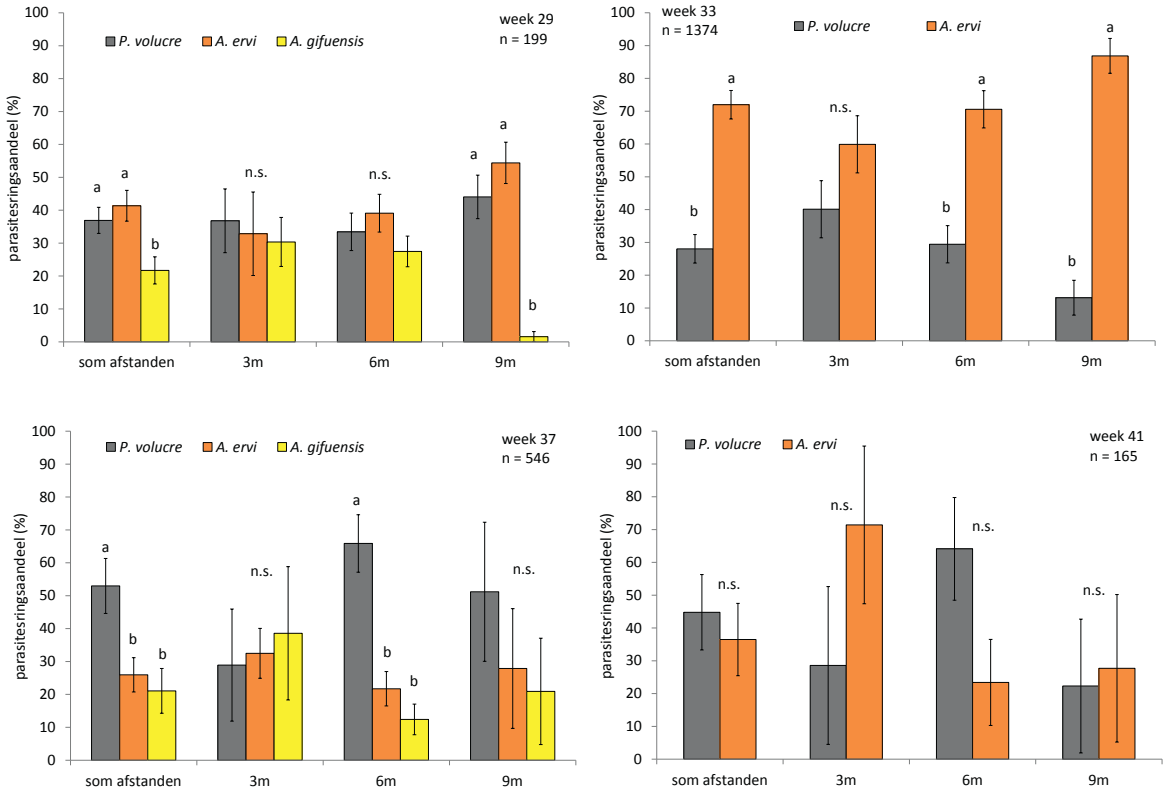
Figuur 22. Effecten van de 3 meest effectieve sluipwespsoorten op de populatieontwikkeling van boterbloemluis (data zijn gelijk aan de data in Figuur 21., maar nu uitgezet op een andere schaal), weergegeven als gemiddelden per 24 bladeren (± s.e.m.). Verschillende letters geven significante verschillen aan tussen de behandelingen over de tijd heen (Fisher's LSD test, $p < 0.05$).



Figuur 23. Cumulatieve opbouw van mummies van boterbloemluis (geparasiteerde bladluizen) bij de verschillende sluipwespsoorten.

2.3.4 Zoekgedrag sluipwespen boterbloemluis

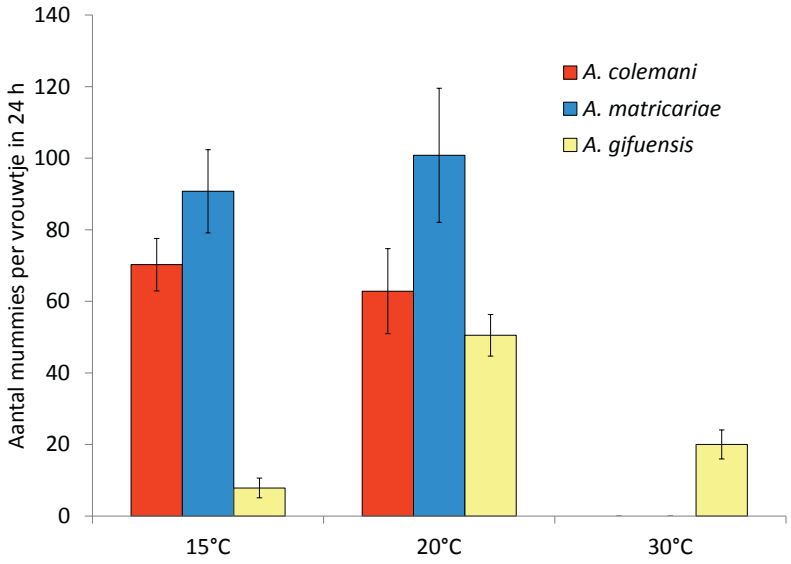
Bij de zoekproeven met sluipwespen voor boterbloemluis waren de parasiteringspercentages tussen de sluipwespsoorten significant verschillend, met uitzondering van de vierde zoekproef in week 41 (Figuur 24.). Bij deze laatste proef werden relatief maar weinig geparasiteerde bladluizen terug gevonden. In week 29 presteerden alle sluipwespen op 3 en 6 m van het loslaatpunt even goed, maar op 9 m van het loslaatpunt schoot *A. gifuensis* duidelijk tekort (Figuur 24.). In week 33 was *A. ervi* dominant op 6 en 9 m van het loslaatpunt. De effectiviteit van *A. ervi* lijkt net als bij de zoekproeven met perzikluis in de loop van de tijd af te nemen. In week 37 waren de parasiteringspercentages van *P. volucre* hoger dan *A. ervi*.



Figuur 24. Parasiteringsaandeel per sluipwespsoort op paprikaplanten met boterbloemluis die op 3, 6 en 9 meter afstand van een loslaatpunt waren geplaatst. Weergegeven zijn de gemiddelde percentages mummies per sluipwespsoort per plant van totaal 16 planten en per afstand (2 op 3 m, 4 op 6 m en 2 op 9 m na 1 dag en na 2-3 dagen) in week 29, 33, 37 en 41. Verschillende letters geven significante verschillen aan tussen de sluipwespsoorten per afstand (Fisher's LSD test, p < 0.05). n.s. = niet significant.

2.3.5 Temperatuurgevoeligheid sluipwespen

Bij 30 °C kan alleen de soort *A. gifuensis* zich nog ontwikkelen in rode perzikluis. Bij zowel 15 als 20 °C produceerde *A. matricariae* de meeste nakomelingen. Opvallend is dat *A. gifuensis* bij 15°C nauwelijks nakomelingen produceert. De gemiddelde ontwikkelingsduur van ei tot sluipwesp duurde bij 15, 20 en 30°C respectievelijk 25, 16 en 13 dagen.



Figuur 25. Aantal nakomelingen per sluipwespvrouwtje op rode perzikluis bij constante temperaturen van 15, 20 of 30°C.

2.4 Discussie en conclusies

De reeks van kasproeven hebben inzicht gegeven in de effectiviteit van sluipwespen als bestrijder van rode perzikluis en boterbloemluis. De combinaties van verschillende experimenten geven een goed beeld van de eigenschappen van de sluipwespen. De kooiproeven laten naast het bestrijdend effect ook de populatieopbouw van de sluipwespen zien. De zoekproeven laten het gedrag in grotere ruimtes zien. Samenvattend kan het volgende geconcludeerd worden:

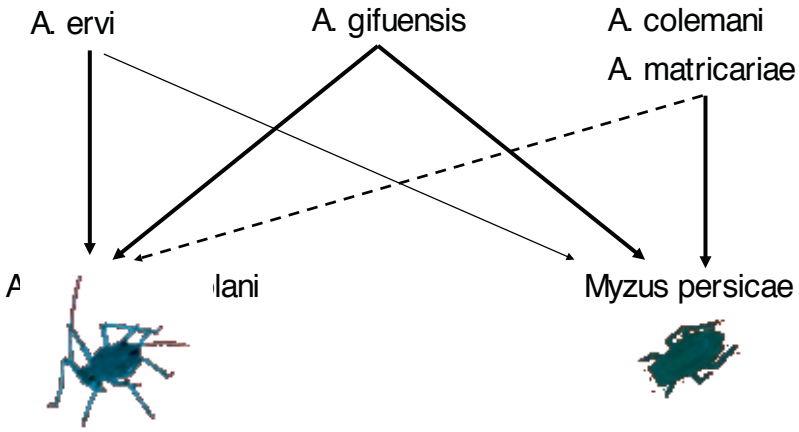
1. De sluipwesp *A. matricariae* is het meest effectief in de bestrijding van rode perzikluis in kooien. Deze sluipwesp lijkt actiever te zijn dan de standaard soort *A. colemani*, waardoor er meer verstoring van dichte bladluishaarden is. Verder lijkt het aantal nakomelingen per vrouwtje hoger te liggen, wat kan verklaren dat bij de eerste tellingen van mummies altijd de meeste mummies bij *A. matricariae* werden gevonden.
2. De sluipwesp *A. ervi* was zeer effectief in de bestrijding van rode perzikluis in kooien. Echter, het aantal nakomelingen in de kooien was zeer laag. Het bestrijdend effect is dus vooral toe te schrijven aan verstoring van bladluishaarden.
3. De sluipwesp *A. gifuensis* geeft een goede bestrijding van rode perzikluis, welke vergelijkbaar is met *A. colemani*.
4. De sluipwesp *P. volucre* is geen effectieve bestrijder van rode perzikluis. In de zoekproef was *P. volucre* wel effectief, maar de soort kan zich niet goed ontwikkelen op deze bladluis (Sidney *et al.* 2011), waardoor er in de kooien geen goede bestrijding was, maar slechts een vertraging van de populatieopbouw van rode perzikluis.
5. De bestrijding van boterbloemluis is effectief met de sluipwespsoorten *A. ervi, A. gifuensis* en *P. volucre*.
6. *Aphidius matricariae* is niet is staat om boterbloemluis te parasiteren, maar kan wel een vertraging van de bladluisontwikkeling geven door verstoring van haarden.
7. De sluipwesp *E. cerasicola* schiet bij zowel bij boterbloemluis als rode perzikluis tekort in de bestrijding.
8. De sluipwespen *A. colemani* en *A. matricariae* kunnen beide bij 15°C bladluizen parasiteren. *Aphidius matricariae* lijkt iets effectiever te zijn bij 15°C dan *A. colemani* (Zamani *et al.* 2007; van Schelt *et al.* 2011). De sluipwesp *A. gifuensis* lijkt beter te presteren bij hogere temperaturen dan bij lagere.
9. Alle geteste sluipwespsoorten waren in staat om haarden met bladluizen op 3, 6 en 9 m van een uitzetpunt op te sporen en daar bladluizen te parasiteren.

10. Van de sluipwespsoorten *P. volucre, A. ervi, A. colemani, A. matricariae* en *A. gifuensis*, was in de zomer (juli-augustus) *A. ervi* het meest effectief in het opsporen en parasiteren van perzikluishaarden. In het najaar (september-oktober) was *A. colemani* het meest effectief. Mogelijk dat de kortere daglengtes in het najaar een negatief effect hadden op het zoekgedrag van *A. ervi*.
11. Van de sluipwespsoorten *P. volucre, A. ervi* en *A. gifuensis*, was in de zomer (juli-half september) *A. ervi* het meest effectief in het opsporen en parasiteren van boterbloemluishaarden. In het najaar (oktober) was *P. volucre* het meest effectief.
12. Er was géén significant effect van afstand op de effectiviteit van sluipwespsoorten te zien bij de zoekproeven met rode perzikluis. Bij de zoekproeven met boterbloemluis was *A. gifuensis* minder effectief in het opsporen van haarden op 9m van het loslaatpunt.

3 Bestrijding van 2 bladluissoorten met één sluipwespsoort

3.1 Inleiding

In paprika gebeurt het regelmatig dat meerdere soorten bladluizen tegelijkertijd in het gewas voorkomen. Met name boterbloemluis en perzikluis zijn vaak gecombineerd te vinden. Het standaard advies tot nu toe is altijd geweest om dan *A. colemani* tegen perzikluis en *A. ervi* tegen boterbloemluis uit te zetten. Daarbij wordt aangenomen dat de bladluissoort die niet geschikt is als gastheer door een sluipwesp, ook geen effect heeft op de bestrijding van de andere bladluissoort die wel geschikt is als gastheer. De vraag is of dit wel klopt. Kunnen sluipwespen wel bepalen of een bladluis geschikt is om zich in te ontwikkelen? Als dit niet zo is, kan dit wel eens effect hebben op het resultaat van de bestrijding van de geschikte soort, doordat ze dan eieren en energie verspillen aan een ongeschikte gastheer. In dit onderzoek hebben we gekeken of dit inderdaad zo is voor de sluipwesp *A. matricariae*, een soort die perzikluis parasiteert en niet boterbloemluis. We hebben deze vergeleken met *A. gifuensis,* een soort die zowel perzikluis als boterbloemluis parasiteert (Figuur 26.).



Figuur 26. Weergave van effecten van sluipwespsoorten op boterbloemluis A. solani en perzikluis M. persicae. Een stippellijn geeft aan dat het effect vooral bestaat uit verstoring in plaats van parasitering. De dikte van de pijl geeft de mate van parasitering weer.

3.2 Opzet experimenten

3.2.1 Kasproef met rode perzikluis en boterbloemluis

De effecten van de sluipwespen *A. matricariae* en *A. gifuensis* op perzikluis, boterbloemluis of een mix daarvan zijn getest in een kasproef zoals deze is beschreven in paragraaf 2.2. Totaal waren er 6 behandelingen in 4 herhalingen (Tabel 9.). Bij de start van de proef zijn 5 volwassen bladluizen per plant uitgezet. Bij de combinatie van boterbloemluis en perzikluis werd om en om een plant met een van de bladluissoorten besmet. Doordat perzikluis zich sneller ontwikkeld dan boterbloemluis, waren de ratio's sluipwesp : bladluis verschillend per behandeling (Tabel 5.). De gemiddelde bladluisdichtheid bij perzikluis was 900/kooi, bij boterbloemluis 700/kooi en in de mix 800 per kooi. In iedere kooi zijn 30 sluipwespvrouwtjes uitgezet. De waarnemingen en verwerking van de data zijn uitgevoerd zoals beschreven in paragraaf 2.2.

Tabel 9. Overzicht van kasproeven waarin sluipwespen tegen rode perzikluis zijn getest.

behandeling		Ratio sluipwesp : bladluis bij start	Periode	Temperatuur (°C)	RV (%)
sluipwesp	bladluis				
A. matricariae of *A. gifuensis*	perzikluis boterbloemluis mix	1 : 30 1 : 23 1 : 26	juli-september 2009	Gem. 23,3 Min. 20.0 Max. 33,4	Gem. 77 Min. 48 Max. 94

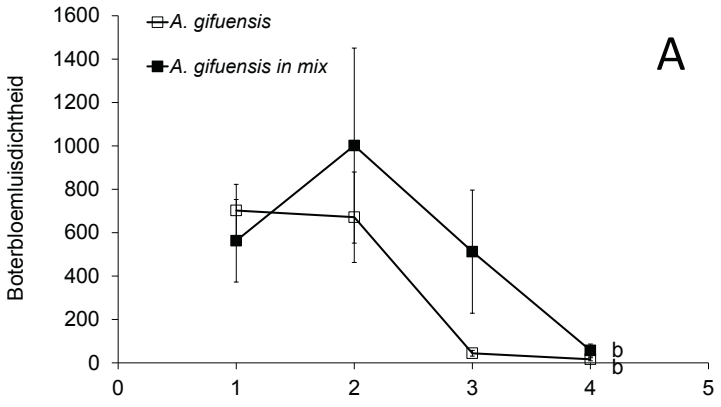
3.2.2 Gedragsobservaties in het laboratorium

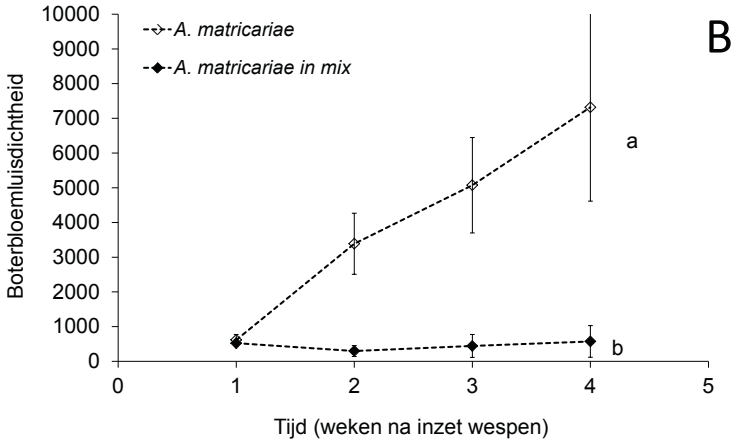
Om het gedrag van de sluipwespen *A. matricariae* en *A. gifuensis* bij aanwezigheid van een mix van boterbloemluis en perzikluis te begrijpen is in het laboratorium is gekeken of de wespen een voorkeur voor een van deze bladluissoorten hebben. Observaties zijn uitgevoerd in plastic bakjes met daarin een paprikabladpons (diameter 6 cm) op wateragar. Bladponzen werden voorzien van 10 nimfen (stadium 2/3) van beide bladluissoorten, dus 20 in totaal. Individuele gepaarde sluipwespvrouwtjes werden gedurende 10 minuten in de bakjes waargenomen. In deze periode werd het aantal ontmoetingen met bladluizen (contact met antennes) en het aantal aanvallen (prikken met legboor) waargenomen. Per sluipwespsoort werd dit 20 keer herhaald met telkens een nieuwe sluipwesp en een nieuw bakje met bladluizen.

3.3 Resultaten

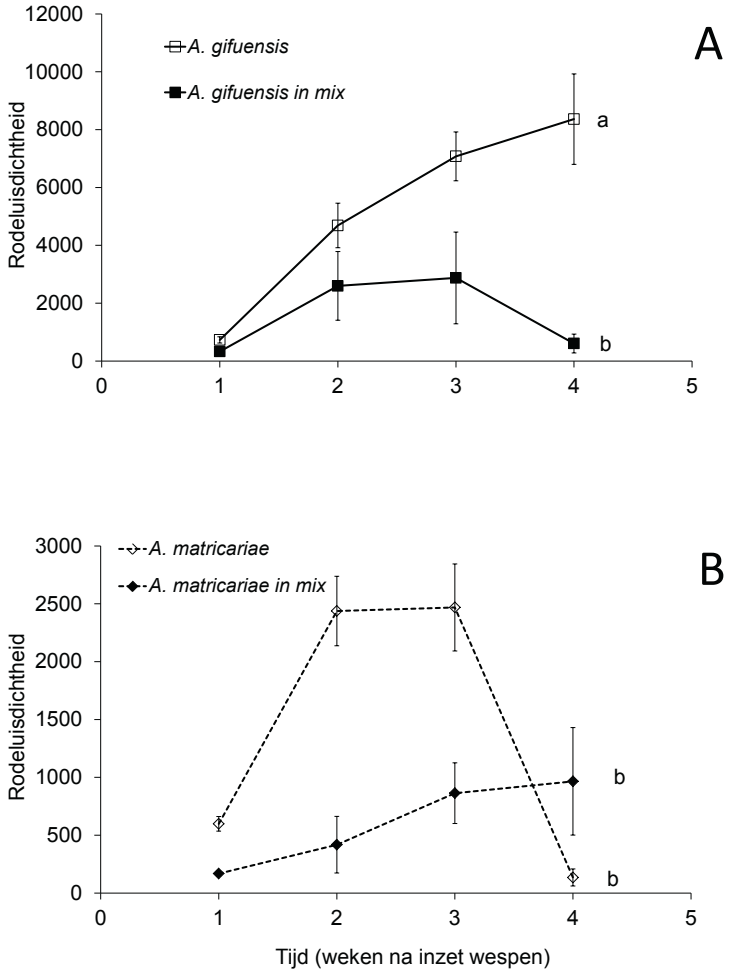
3.3.1 Kasproef met rode perzikluis en boterbloemluis

Boterbloemluis werd zeer goed bestreden door *A. gifuensis*, ongeacht de aanwezigheid van rode perzikluis (Figuur 27.A.). In kooien met alleen boterbloemluis en *A. matricariae* liepen de bladluisdichtheden hoog op, terwijl wanneer ook rode perzikluis aanwezig was de dichtheid boterbloemluis niet toe nam (Figuur 27.B.). De bestrijding van rode perzikluis met *A. gifuensis* was significant beter in de kooien waar ook boterbloemluis aanwezig was (Figuur 28.A.). Bij de sluipwesp *A. matricariae* gebeurde het omgekeerde: rode perzikluis werd volledig bestreden in kooien zonder boterbloemluis, terwijl in de kooien met boterbloemluis de rode luis dichtheden geleidelijk opliepen (Figuur 28.B.).
Het aantal mummies dat de losgelaten sluipwespen van *A. gifuensis* produceerde was bij boterbloemluis hoger dan bij rode perzikluis (Figuur 29.).

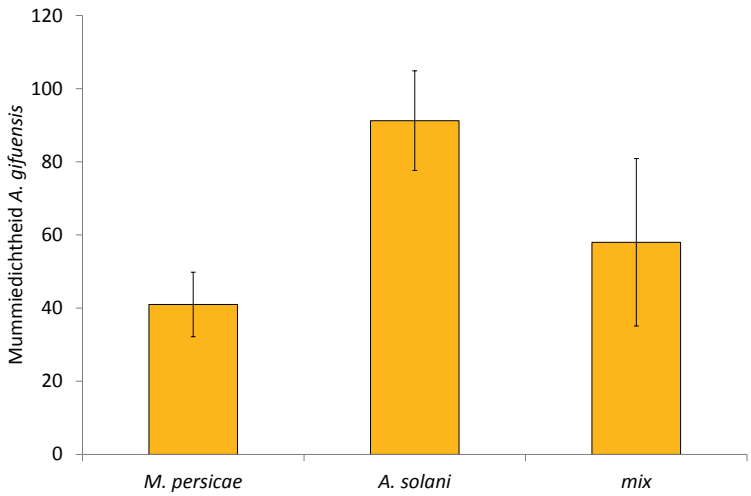




Figuur 27. Populatieontwikkeling van boterbloemluis in kooien met de sluipwesp A. gifuensis (A) of A. matricariae (B) waarbij planten met alleen boterbloemluis of met zowel boterbloemluis als rode perzikluis (mix) waren besmet. Weergegeven zijn de aantallen bladluizen als gemiddelde per 24 bladeren (± s.e.m.) Verschillende letters geven significante verschillen aan tussen de behandelingen over de tijd heen (Fisher's LSD test, p < 0.05).



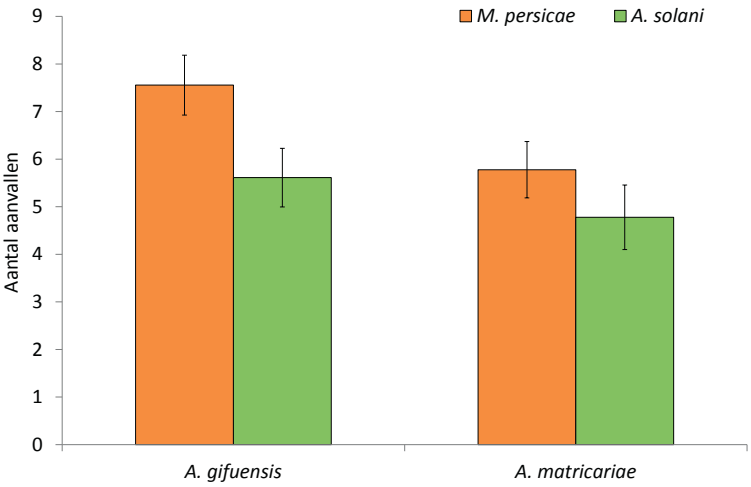
Figuur 28. Populatieontwikkeling van rode perzikluis in kooien met de sluipwesp A. gifuensis (A) of A. matricariae (B) waarbij planten met alleen rode perzikluis of met zowel boterbloemluis als rode perzikluis (mix) waren besmet. Weergegeven zijn de aantallen bladluizen als gemiddelde per 24 bladeren (± s.e.m.) Verschillende letters geven significante verschillen aan tussen de behandelingen over de tijd heen (Fisher's LSD test, p < 0.05).



Figuur 29. Aantal nakomelingen van A. gifuensis 2 weken na loslating van de sluipwespen. Weergegeven zijn het gemiddeld aantal mummies (±s.e.m.) per 24 bladeren.

3.3.2 Gedragsobservaties in het laboratorium

De gedragsobservaties van sluipwespen in het laboratorium laten zien dat zowel *A. gifuensis* als *A. matricariae* geen sterke voorkeur hebben voor boterbloemluis of rode perzikluis. Beide bladluissoorten worden door beide sluipwespsoorten aangevallen. Het aantal aanvallen op rode perzikluis is in het algemeen iets hoger dan bij boterbloemluis (Figuur 30.).



Figuur 30. Gemiddeld aantal keer dat vrouwtjessluipwespen bladluizen aanvallen (prikken met legboor) gedurende 10 minuten in bakjes met zowel rode perzikluis M. persicae als boterbloemluis A. solani. Van beide soorten luis werden 10 nimfen (stadium 2/3) in een bakje tegelijk aangeboden.

3.4 Discussie en conclusies

Dit onderzoek laat duidelijk zien dat de twee bladluissoorten rode perzikluis en boterbloemluis elkaars bestrijding met sluipwespen beïnvloeden. *Aphidius gifuensis* is een sluipwesp die zowel boterbloemluis als rode perzikluis goed parasiteert. De bestrijding van rode perzikluis ging beter in de kooien met boterbloemluis. Dit kan ermee te maken hebben dat de ratio sluipwesp : bladluis lager lag dan bij de kooien met alleen rode perzikluis (Tabel 5.). Een andere verklaring is dat de populatieontwikkeling op boterbloemluis beter is. Het aantal mummies dat de losgelaten sluipwespen produceerden lag ook hoger bij boterbloemluis dan bij rode perzikluis. Verder kan het zijn dat de sluipwespen die zich ontwikkeld hebben op boterbloemluis een sterkere verstoring geven van rode perzikluis dan de sluipwespen afkomstig van rode perzikluis zelf, doordat de wespen van boterbloemluis veel groter zijn dan die van rode perzikluis.

Bij *A. matricariae* is er een duidelijk effect op boterbloemluis wanneer er ook perzikluis aanwezig is. Deze sluipwesp kan zich alleen ontwikkelen in perzikluis en niet in boterbloemluis, maar de wespen die uit perzikluis komen kunnen wel de boterbloemluis verstoren. De laboratoriumproef bevestigt dat *A. matricariae* ook boterbloemluis aanvalt. Dit is opvallend, omdat deze bladluissoort helemaal niet geschikt is voor reproductie. Het sterke effect van *A. matricariae* op boterbloemluis in aanwezigheid van perzikluis kan verklaart worden doordat boterbloemluis zich snel laat vallen bij verstoring, waardoor er veel sterfte optreedt. De aanwezigheid van rode perzikluis is dus gunstig voor de bestrijding/verstoring van boterbloemluis met *A. matricariae*.

Opvallend was dat de bestrijding van rode perzikluis slechter was in aanwezigheid van boterbloemluis dan zonder boterbloemluis. Dit is des te meer opvallend, omdat de ratio sluipwesp: rode perzikluis veel hoger was in de kooien met boterbloemluis (1:15) in vergelijking met de kooien met alleen rode perzikluis (1:30). Het is dan logisch te verwachten dat de bestrijding in de mix beter zou gaan. Een mogelijke verklaring voor dit verschijnsel is dat de sluipwespen hun energie verspillen aan de ongeschikte gastheer boterbloemluis, waardoor er minder populatieopbouw is van de sluipwespen en minder effect op rode perzikluis. De laboratoriumproef bevestigt dat *A. matricariae* de ongeschikte gastheer boterbloemluis aanvalt. Waarschijnlijk leggen de wespen wel eieren in de ongeschikte bladluizen, maar worden deze ingekapseld, waardoor er zich géén nieuwe sluipwespen in de bladluis ontwikkelen. Dit effect wordt ook wel “distraction” en “egg sink” genoemd, en is eerder waargenomen bij *A. ervi* (Meisner *et al.* 2007).

De belangrijkste conclusie van dit onderzoek is dat de bestrijding van rode perzikluis met *A. matricariae* verstoord kan worden door de aanwezigheid van boterbloemluis. Het is daarom aan te bevelen om in periodes dat beide bladluizen voorkomen, een sluipwesp in te zetten die beide soorten parasiteert. Dit kan bijvoorbeeld met *A. gifuensis.*

4 Evaluatie van nieuwe gaasvliegsoorten

4.1 Inleiding: beschrijving van gaasvliegsoorten

Gaasvliegen (Chrysopidae) worden tot nu toe op beperkte schaal ingezet voor de biologische bestrijding van bladluis. De larven worden met name gebruikt in de kruidenteelt en in laagblijvende gewassen. In de paprikateelt zetten telers incidenteel larven van gaasvliegen in om een haard met bladluizen te bestrijden (Figuur 31.). Dit is echter een relatief dure methode omdat de larven vrij snel na inzet verpoppen en daarna niet meer bijdragen aan de bestrijding. Bovendien wordt er vrijwel nooit een populatieopbouw in kassen waargenomen. Het doel van dit onderzoek was om gaasvliegsoorten te vinden die geschikt zijn om in het volwassen stadium in te zetten. Wanneer deze volwassen gaasvliegen een goede bestrijding van bladluis geven en voor nakomelingen zorgen, zijn ze wellicht een goede aanvulling op de andere beschikbare bladluisbestrijders.

In de natuur komen verschillende soorten gaasvliegen voor. En recent veldonderzoek in Zuidwest Europa leverde een lijst van 56 soorten op (Canard *et al.* 2007). De biologie en het gedrag van deze soorten verschilt onderling sterk. Sommige soorten zijn bijvoorbeeld vooral in bomen te vinden, terwijl andere soorten laag in kruidlagen voorkomen. Er zijn soorten waarvan de volwassen stadia ook bladluis eten en soorten waarbij alleen de larven carnivoren zijn en de volwassenen als vegetariërs door het leven gaan doordat ze uitsluitend stuifmeel en nectar eten. De eieren worden meestal verspreid, maar soms geclusterd afgezet en meestal op steeltjes, maar soms ook niet. Verder verschillen de soorten waarschijnlijk sterk in voorkeur voor temperatuur en vochtigheid. In hoeverre al deze eigenschappen bepalen of een soort wel of niet geschikt is als bladluisbestrijder in een paprikagewas is onbekend.

Tot nu toe wordt alleen larven van de groene gaasvlieg ingezet, welke wordt verkocht onder de naam "*Chrysoperla carnea*". Het is al lange tijd bekend dat deze groene gaasvlieg niet één soort is, maar een complex van verschillende soorten die verschillen in morfologie en het zanggedrag van de mannetjes (Henry, 1985; Henry 1996). Het is goed mogelijk dat ze niet alleen qua uiterlijk anders zijn, maar ook in hun gedrag en effectiviteit als bladluisbestrijder. Voor dit onderzoek zijn 6 soorten verzameld en getest als mogelijke bestrijders van rode perzikluis en boterbloemluis (Tabel 10.). De standaard soort die wordt verkocht als *Chrysoperla carnea* bleek *Chrysoperla affinis* te zijn (identificaties uitgevoerd door Professor A. Bozsik, Debrecen, Hongarije). In dit onderzoek zijn zowel de larven als volwassen gaasvliegen vergeleken in hun effecten op bladluis (Figuur 32.). Dit is gedaan in kooiproeven op een vergelijkbare manier zoals de sluipwespen zijn beoordeeld. Daarnaast zijn in verschillende grotere kassen volwassen gaasvliegen uitgezet om te bepalen in hoeverre ze in staat zijn eieren en larven te produceren in teeltgewassen.



Figuur 31. Larve van een Chrysoperla soort die zich voedt met bladluis.



Figuur. 32. Weergave van de volwassen gaasvliegen Chrysoperla lucasina (links), Chrysopa perla (midden) en Micromus variegatus (rechts).

Tabel 10. Eigenschappen en oorsprong van de 6 gaasvliegsoorten die zijn geëvalueerd als bestrijders van rode perzikluis en boterbloemluis in paprika.

soort gaasvlieg	kleur + lengte adulten	voedsel adulten	eileg	land van herkomst
Chrysoperla affinis	lichtgroen, 16 mm	pollen, nectar	verspreid	Nederland
Chrysoperla lucasina	lichtgroen, 15 mm	pollen, nectar	verspreid	Nederland
Chrysoperla rufilabris	lichtgroen, 16 mm	pollen, nectar	verspreid	VS
Chrysopa perla	groen-blauw, 18 mm	bladluis, pollen nectar	verspreid	Tsjechië
Chrysopa pallens	donkergroen, 23 mm	bladluis, pollen nectar	geclusterd	Spanje
Micromus variegatus	bruin, 6-8 mm	bladluis, pollen nectar	verspreid*	Nederland/Canada

** De eieren van deze soort worden direct op het blad afgezet en niet op steeltjes, zoals bij de andere soorten het geval is.*

4.2 Opzet experimenten

4.2.1 Effecten van volwassen gaasvliegen op rode perzikluis

De effecten van volwassen gaasvliegen op rode perzikluis zijn op dezelfde manier getest als de sluipwespen, zoals beschreven in paragraaf 2.2. Paprikaplanten cv Ferrari werden in de kooien geplant op 5 februari 2010. Op 16 maart is iedere plantscheut (3/plant) in de kooien besmet met 10 rode perzikluizen. De planten hadden toen een hoogte van ca. 1 m bereikt. Een week later zijn de verschillende behandelingen met volwassen gaasvliegen uitgezet (Tabel 11.) en 4 kooien zijn onbehandeld gelaten. De bladluispopulaties hadden toen een gemiddelde dichtheid van ca. 400 per kooi. Iedere behandeling werd in 4 herhalingen ingezet, maar bij de soort *C. rufillabris* waren niet voldoende volwassen gaasvliegen beschikbaar, waardoor deze behandeling in slechts 2 herhalingen is ingezet. De 2 andere kooien zijn toen gevuld met een lage dosering van de soort *C. perla* (Tabel 11.). De gaasvliegen waren tussen de 4 en 9 dagen oud, waardoor de vrouwtjes kort na loslating eieren konden afzetten op de paprikaplanten (het duurt enkele dagen voordat de eileg bij vrouwtjes op gang is gekomen). Waarnemingen zijn uitgevoerd zoals in de proeven met sluipwespen (paragraaf 2.2.), met het verschil dat in deze proef naast bladluizen ook gaasvliegeieren en larven op de bladeren zijn geteld. Alle tellingen zijn met een repeated measures ANOVA geanalyseerd. De klimaatomstandigheden in de kooien vanaf het moment dat de bladluizen zijn aangebracht zijn weergegeven in Tabel 11.

Tabel 11. Overzicht van behandelingen en klimaatomstandigheden tijdens de kasproef waar verschillende soorten volwassen gaasvliegen onderling zijn vergeleken in hun effect op rode perzikluis.

behandelingen	periode	temperatuur (°C)	RV (%)
onbehandeld *C. affinis* (6 paartjes) *C. lucasina* (6 paartjes) *C. rufilabris* (6 paartjes) *C. perla* (6 paartjes) *C. perla* (3 paartjes) *M. variegatus* (6 paartjes) *M. variegatus* (3 paartjes)	maart - april 2010	gem. 21.8 min. 19.1 max. 28.0	gem. 71 min. 38 max. 89

4.2.2 Effecten van volwassen gaasvliegen op boterbloemluis

De effecten van volwassen gaasvliegen op boterbloemluis zijn op dezelfde manier getest zoals bij rode perzikluis (paragraaf 4.2.1). Nieuwe paprikaplanten van cv Ferrari werden in de kooien geplant op 12 mei 2010. Een maand later, op 9 juni zijn de planten geïnfecteerd met boterbloemluis door op iedere plantscheut (3/plant) 10 bladluizen van willekeurige leeftijd te plaatsen. De planten hadden toen een hoogte van ca. 1 m. Een week later zijn de verschillende behandelingen met volwassen gaasvliegen uitgezet (Tabel 12.). Er was één controlebehandeling, waar alleen bladluizen zijn ingezet. Iedere behandeling werd in 4 herhalingen ingezet. De gaasvliegen waren gemiddeld 1 week oud bij inzet. De waarnemingen en analyses zijn uitgevoerd zoals in de proef met rode perzikluis (paragraaf 4.2.1). De klimaatomstandigheden in de kooien vanaf het moment dat de bladluizen zijn aangebracht zijn weergegeven in Tabel 12.

Tabel 12. Overzicht van behandelingen en klimaatomstandigheden tijdens de kasproef waar verschillende soorten volwassen gaasvliegen onderling zijn vergeleken in hun effect op rode perzikluis.

behandelingen	periode	temperatuur (°C)	RV (%)
onbehandeld *C. lucasina* (8 paartjes) *M. variegatus* (8 paartjes) *M. variegatus* (12 paartjes) *C. lucasina* + *M. variegatus* (4 + 4 paartjes) *C. perla* (4 paartjes) *C.perla* (8 paartjes)	juni - juli 2010	gem. 23.9 min. 16.9 max. 36.0	gem. 75 min. 37 max. 94

4.2.3 Effecten van gaasvlieglarven op rode perzikluis en boterbloemluis

In de vorige twee kasproeven met gaasvliegen lag de nadruk op het beoordelen van effecten van volwassen gaasvliegen op boterbloemluis en rode perzikluis. In deze proef is naar het effect van larven gekeken. Het doel was tweeledig: 1.) beoordelen welke soorten de twee bladluissoorten het beste bestrijden en 2.) welke soorten zich het beste ontwikkelen tot volwassen gaasvliegen op deze bladluissoorten. De proef is uitgevoerd in het voorjaar van 2010 in de maanden april en mei. Individuele paprikaplanten van het cv. Ferrari werden geplaatst in 56 insectenkooien van 60*60*90 cm (Figuur 32.). De helft van de planten werd besmet met boterbloemluis en de andere helft met rode perzikluis door telkens per plant 30 bladluizen van gemengde leeftijd uit te zetten. Twee weken later werden de gaasvlieglarven geïntroduceerd in dichtheden van 20 of 40 larven (Tabel 13.). Daarbij werden zoveel mogelijk larven van het eerste larvale stadium ingezet. Drie weken later is de bladluisdichtheid bepaald door per plant 4 bladeren te beoordelen. Verder werd na 3 en 4 weken per kooi het aantal volwassen gaasvliegen geteld. De gemiddelde temperatuur tijdens de proef was 22 .1 °C en de gemiddelde luchtvochtigheid 58%.

Daarbij moet worden opgemerkt dat, in tegenstelling tot de andere kooiproeven, de klimaatgegevens in deze kooiproef niet in de kooien zelf is gemeten, omdat de kooien daarvoor te klein waren. Het is vrij aannemelijk dat de gemiddelde luchtvochtigheid in de kooien hoger lag dan de gemeten waarden buiten de kooien.

Tabel 13. Overzicht van soorten gaasvlieglarven die zijn beoordeeld in hun effect op rode perzikluis en boterbloemluis. Van beide bladluissoorten is ook een onbehandelde controle meegenomen.

gaasvliegsoort	aantal larven	rode perzikluis	boterbloemluis
C. affinis	20	x	x
C. lucasina	20	x	x
C. lucasina	40	x	x
C. rufilabris	20	x	x
C. rufilabris	40		x
C. perla	20	x	
M. variegatus	20	x	x



Figuur 32. Overzicht van kooiproef waar effecten van gaasvlieglarven op rode perzikluis en boterbloemluis zijn getest.

4.2.4 Evaluaties loslatingen volwassen gaasvliegen

In verschillende perioden en gewassen zijn volwassen gaasvliegen uitgezet om te evalueren of ze na loslating ook eieren in het gewas gingen afzetten (Tabel 14.). In deze gewassen was een natuurlijke infectie van bladluis aanwezig (Figuur 33.), of een aangebrachte populatie van graanluizen op bankerplanten (Tabel 14.). De gewassen werden telkens na 1 en 2 weken geïnspecteerd op aanwezigheid van de gaasvliegen en eieren van gaasvliegen.

Tabel 14. Overzicht van gewassen waarin volwassen gaasvliegen zijn uitgezet.

periode	gewas	kasgrootte (m^2)	bladluissoort	soort gaasvlieg	aantal adulten
maart-april 2010	paprika	20000	rode perzikluis	*C. lucasina*	100
november 2010	paprika	98 (+ gaas)	rode perzikluis	*M. variegatus* *C. affinis* *C. lucasina* *C. perla* *C. pallens*	20 paartjes per soort
mei 2011	aubergine	144	aardappeltopluis	*C. pallens*	60
mei 2011	aubergine	144	aardappeltopluis	*C. perla* & *C. lucasina*	12 gepaarde vrouwtjes per soort
juni	roos	144	graanluis	*C. pallens* + *C. lucasina*	40 per soort
juni-juli	paprika	8000	boterbloemluis	*C. perla*	8x wekelijks 200 adulten
september 2011	aubergine	144	aardappeltopluis	*M. variegatus*	400

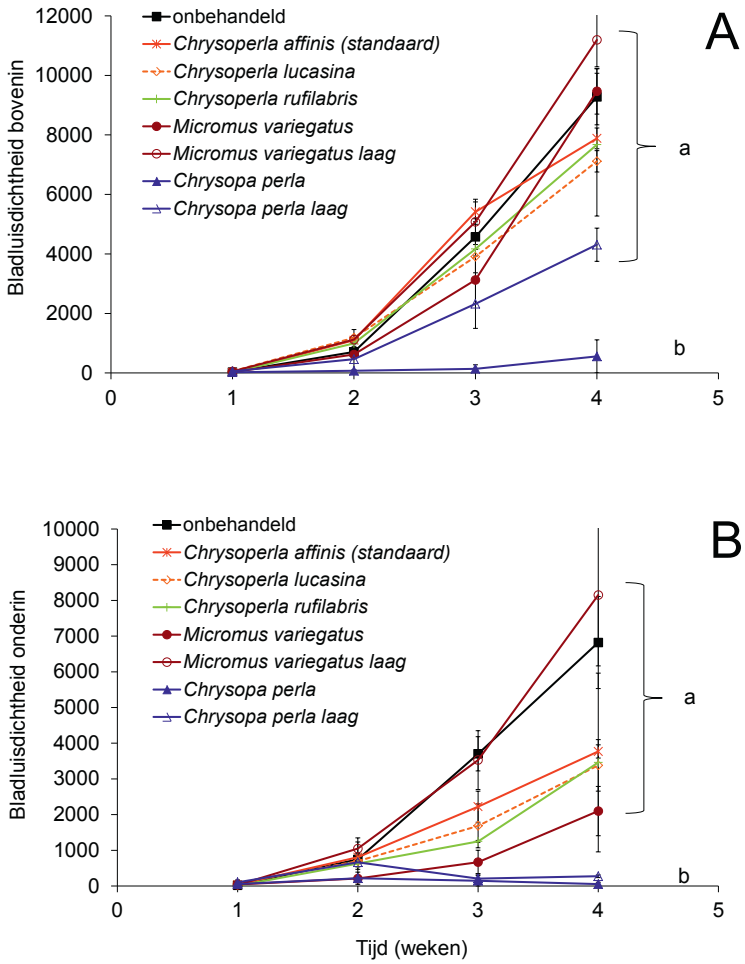


Figuur 33. Uitzet van C. pallens in een auberginegewas met aardappeltopluis.

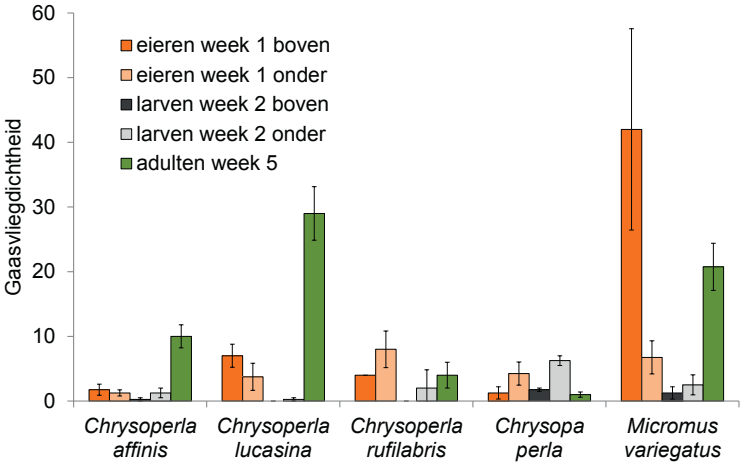
4.3 Resultaten

4.3.1 Effecten van volwassen gaasvliegen op rode perzikluis

Van alle geteste gaasvliegsoorten gaf alleen de soort *Chrysopa perla* een goede bestrijding van rode perzikluis. Alle andere soorten gaven géén significante reductie in bladluisontwikkeling ten opzichte van de onbehandelde controle (Figuur 34.). Onderin het gewas lijkt naast *Chrysopa perla* ook *Micromus variegatus* de bladluisdichtheden te verlagen (Figuur 34.B.), maar door de grote variatie tussen de kooien is dit effect niet significant. De eieren van gaasvliegen werden vooral de eerste week na uitzet van de gaasvliegen waargenomen. De meeste eieren werden bij de soort *M. variegatus* gevonden bovenin het gewas (Figuur 35.). Bij de andere gaasvliegsoorten werd ook eiafzet op het gaas van de kooien waargenomen of op de gewasdraden. Deze werden dus niet meegenomen met de tellingen op de bladeren. Larven van gaasvliegen zijn nauwelijks waargenomen en het merendeel hiervan was onderin het gewas te vinden. Regelmatig werden ook larven op het gronddoek in de kooien waargenomen, maar deze zijn niet meegenomen in de tellingen. Een nieuwe generatie gaasvliegen werd in de hoogste dichtheden gevonden bij de soorten *C. lucasina* en *M. variegatus* (Figuur 35.).



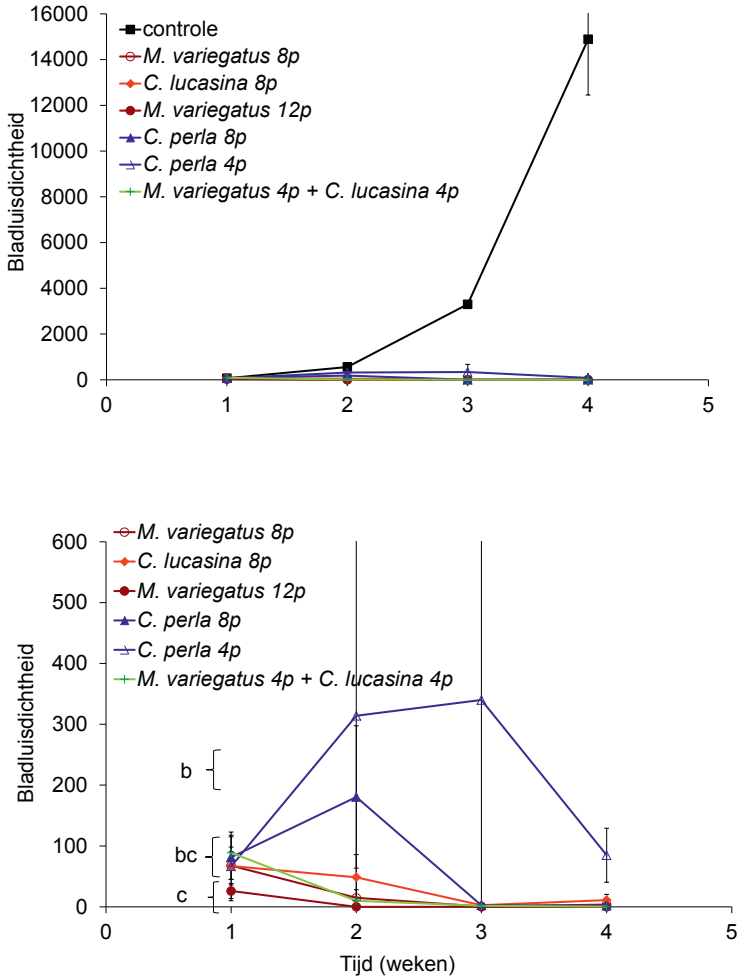
Figuur 34. Populatieontwikkeling van rode perzikluis op paprikaplanten in kooien met verschillende soorten gaasvliegen. Weergegeven zijn de gemiddelde aantallen (± s.e.m.) bladluis per 12 bladeren bovenin het gewas (A) en per 12 bladeren onderin het gewas (B). Verschillende letters geven significante verschillen aan tussen de behandelingen over de tijd heen (Fisher's LSD test, $p < 0.05$).



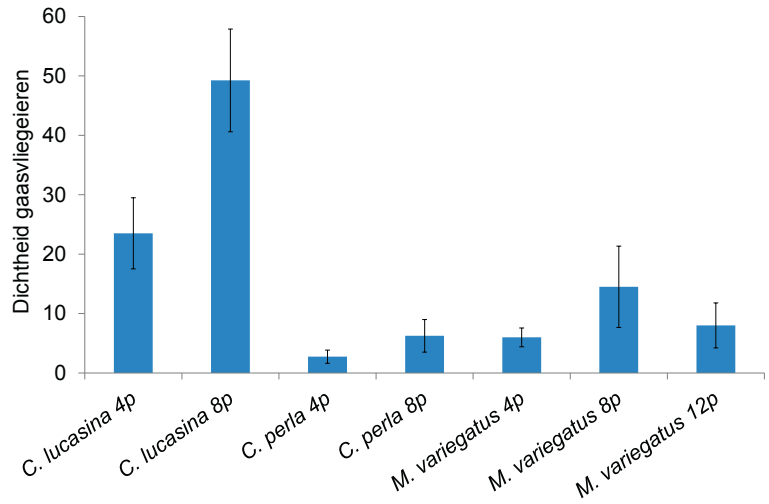
Figuur 35. Gemiddeld aantal eieren, larven en adulten van 5 verschillende soorten gaasvliegen op respectievelijk 1, 2 en 5 weken na uitzet van 6 paartjes gaasvliegen per kooi met paprikaplanten met rode perzikluis. De weergegeven dichtheden eieren en larven zijn de gemiddelden (± s.e.m.) per 12 bladeren bovenin of onderin het gewas. De aantallen adulte (volwassen) gaasvliegen zijn de gemiddelden per kooi.

4.3.2 Effecten van volwassen gaasvliegen op boterbloemluis

Bij alle gaasvliegbehandelingen werd een sterk en significant effect gevonden op boterbloemluis (Figuur 36.). Door dit sterke effect waren er nauwelijks verschillen tussen de soorten en dichtheden van gaasvliegen. De hoge dichtheid van *M. variegatus* (12 paartjes per kooi) gaf een significant beter bestrijding dan de lage dosering van *C. perla* (4 paartjes per kooi). Alle overige behandelingen verschilden onderling niet (Figuur 36.). De eiafzet op de planten was het hoogst bij *C. lucasina*, gevolgd door *M. variegatus* (Figuur 37.). Echter, in de daarop volgende weken werden slechts enkele gaasvlieglarven gevonden en nauwelijks nieuwe adulten. Deze zijn daarom niet opgenomen in Figuur 37.).



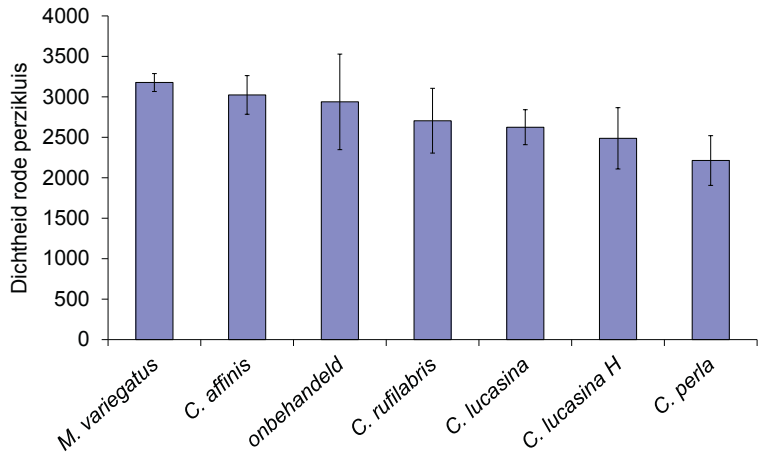
Figuur 36. Populatieontwikkeling van boterbloemluis op paprikaplanten in kooien met verschillende soorten gaasvliegen. Weergegeven zijn de gemiddelde aantallen (± s.e.m.) bladluis per 24 bladeren. De onderste Figuur is gelijk aan de bovenste figuur, maar nu weergegeven op een kleinere schaal zonder de controlebehandeling. Verschillende letters geven significante verschillen aan tussen de behandelingen over de tijd heen (Fisher's LSD test, $p < 0.05$).



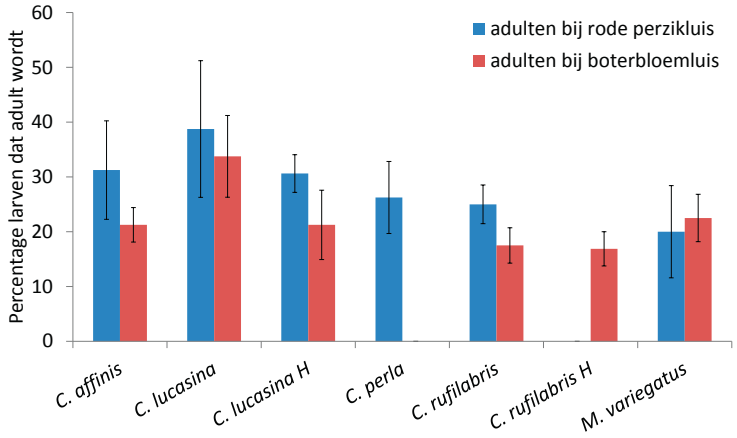
Figuur 37. Gemiddeld aantal eieren per behandeling 1 week na loslating van de volwassen gaasvliegen. De weergegeven dichtheden zijn het gemiddeld aantal eieren (± s.e.m.) per 24 bladeren. De lage dichtheden van C. lucasina en M. variegatus (4 paartjes) waren gemixed aanwezig in één behandeling.

4.3.3 Effecten van gaasvlieglarven op rode perzikluis en boterbloemluis

Geen enkele gaasvliegsoort was in staat de bladluispopulaties goed te bestrijden. Bij rode perzikluis lijkt *C. perla* het meest effectief, maar de behandelingen verschilden onderling niet statistisch significant (Figuur 38.). Bij boterbloemluis konden de dichtheden niet meer betrouwbaar worden geteld, omdat er veel bladsterfte was. Waarschijnlijk waren de startpopulaties bladluizen te hoog om nog enig effect te sorteren. Van het aantal larven dat was uitgezet, bereikte slechts 20 tot 40 procent het volwassen stadium (Figuur 39.).



Figuur 38. Effecten van larven van verschillende gaasvliegsoorten op rode perzikluis. Per soort zijn 20 larven uitgezet en bij C. lucasina is tevens een hoge dosering (H) meegenomen met 40 larven per kooi.



Figuur 39. Percentage van de uitgezette gaasvlieglarven dat volwassen wordt op paprikaplanten met rode perzikluis of boterbloemluis.

4.3.4 Evaluaties loslatingen volwassen gaasvliegen

In verschillende kasafdelingen, typen gewas en perioden zijn volwassen gaasvliegen losgelaten. Hoewel bladluis soms overvloedig aanwezig was, is slechts beperkt afzet van eieren waargenomen. In een grote praktijkkas met paprika zijn na 8 wekelijkse loslatingen van volwassen gaasvliegen van *C. perla* wel larven gevonden, maar er was geen populatie-opbouw van gaasvliegen. Mogelijk dat de gaasvliegen zich niet goed konden ontwikkelen op bladluis door concurrentie met sluipwespen en galmuggen. Bij de bruine gaasvlieg *M. variegatus* is ook beperkt eiafzet en vestiging van volwassen gaasvliegen waargenomen.

4.4 Discussie en conclusies

Het doel van dit onderzoek was om gaasvliegsoorten te vinden die geschikt zijn om als volwassen in te zetten als bladluisbestrijders. Onze hypothese was dat dit een goedkope manier zou kunnen zijn om snel veel bestrijders uit te zetten, doordat de gaasvliegen veel eieren kunnen produceren. Bovendien zijn er soorten waarvan de volwassenen ook bladluis eten, waardoor ze kort na uitzet kunnen bijdragen aan de bladluisbestrijding. Bij de kooiproef met rode perzikluis was alleen de gaasvlieg *C. perla* effectief. Deze gaasvlieg is vrij groot en de volwassenen eten ook bladluis. Het zou ideaal zijn om zo'n gaasvlieg als een soort "biologisch correctiemiddel" te kunnen inzetten. Echter, het viel ons bij deze proeven op dat de volwassen gaasvliegen vaak bovenin de kooi te vinden waren, wat aangeeft dat ze graag weg willen vliegen. Bij loslatingen in grotere kassen werden ze ook niet teruggevonden in het gewas. Ook de resultaten met de andere gaasvliegsoorten waren teleurstellend wanneer deze in kassen werden uitgezet. In geen enkel geval is een goede vestiging of afzet van eieren waargenomen. Het lijkt er op dat de gaasvliegen een natuurlijke drang hebben om te migreren vóórdat ze eieren afzetten. Meer onderzoek is vereist om na te gaan of dit gedrag manipuleerbaar is, zodat ze wel als volwassenen ingezet kunnen worden.

Qua reproductie in het gewas lijken de soorten *C. lucasina* en *M. variegatus* het beste te zijn. Beide soorten zijn relatief klein, wat kan verklaren dat ze met misschien minder voedsel een nieuwe generatie kunnen vormen. Bij *C. perla* werden nauwelijks nakomelingen gevonden, waarschijnlijk door gebrek aan voedsel. Echter, in de kooiproef met larven was er een overmaat aan voedsel en toch bereikte in de meeste gevallen maar 20 procent van de larven het volwassen stadium. Er is dus mogelijk veel sterfte van larven in deze ontwikkelingsfase. Een andere verklaring is dat een deel van de larven wegkruipt en uit de kooien ontsnapt.

Volgens de literatuur heeft de bruine gaasvlieg *M. variegatus* een voorkeur voor lage habitats, dat wil zeggen, laag struikgewas. In de kooiproef met rode perzikluis viel ook op dat de bestrijding onderin het gewas beter was dan bovenin het gewas.

Later in het seizoen, wanneer paprika een lang gewas wordt, zou deze eigenschap gunstig kunnen zijn voor de bestrijding van boterbloemluis, die meestal laag in het gewas te vinden is. Het is dan wel noodzakelijk om een goede methode te ontwikkelen voor de uitzet en ondersteuning van deze gaasvlieg.
De bestrijding van boterbloemluis met volwassen gaasvliegen in de kooien was zeer goed, zelfs bij behandelingen waar de volwassen gaasvliegen geen bladluis eten. Een verklaring kan zijn dat de boterbloemluis zich makkelijk laat vallen bij verstoring. Mogelijk waren de gaasvliegen die geen bladluis eten toch in staat de bladluizen te verstoren. Dit effect is natuurlijk minder sterk, of zelfs helemaal niet aanwezig, in kassen waar volwassen gaasvliegen de keuze hebben om weg te vliegen.
Samenvattend kunnen we concluderen dat er nog veel onderzoek nodig is om het gedrag van gaasvliegen beter te begrijpen en om daarmee ook een beter resultaat te bereiken in de bestrijding van bladluis. Voor de bestrijding van bladluis met gaasvlieglarven, zoals dat tot nu toe gebruikelijk is, is het aan te bevelen om in plaats van *C. affinis* de soort *C. lucasina* in te zetten, omdat het effect van larven beter was dan bij *C. affinis*. Verder produceerde deze soort meer nakomelingen in de kooien van rode perzikluis dan de standaard soort. Tot slot, bij het kweken van deze gaasvlieg viel het op dat ze nog zeer actief zijn bij lage (< 10 graden Celsius) temperaturen. Dit kan een voordeel zijn bij de bestrijding van bladluis in het vroege voorjaar.

5 Integratie van bestrijders

5.1 Inleiding

Bij de biologische bestrijding van bladluis is het vaak noodzakelijk om meerdere soorten bestrijders uit te zetten. Het is daarbij goed te weten wat de onderlinge interacties tussen deze bestrijders zijn, omdat ze elkaar kunnen versterken, maar ook tegenwerken. In dit deelonderzoek hebben we gekeken naar combinaties van sluipwespen met de bruine gaasvlieg *Micromus variegatus*. Sluipwespen en gaasvliegen zouden elkaar kunnen versterken doordat ze elkaar faciliteren in de toegankelijkheid tot bladluis. Bij rode perzikluis zijn de dichte kolonies bladluis in de groeipunten moeilijk bereikbaar voor sluipwespen. Wanneer gaasvliegen dit verstoren kunnen wespen mogelijk beter hun werk doen. Andersom kunnen sluipwespen valgedrag veroorzaken bij bladluis en daarmee predatie door gaasvlieglarven onderin het gewas faciliteren. Een mogelijk negatief effect is dat de gaasvliegen ook geparasiteerde bladluizen eten.
Bij de bestrijding van boterbloemluis is gekeken naar combinaties van de sluipwespen *A. ervi* en *A. gifuensis*. Door verschillen in parasiteringsgedrag (bijv. mate van agressiviteit en de mate waarin ze valgedrag van bladluis induceren) kunnen ze elkaar positief of negatief beïnvloeden. In dit deelonderzoek zijn bovengenoemde combinaties van bestrijders bij zowel rode perzikluis als boterbloemluis geëvalueerd.

5.2 Opzet experimenten

Voor het testen van combinaties van bestrijders tegen rode perzikluis en boterbloemluis is dezelfde proefopzet, waarnemingsmethodiek en statistische verwerking aangehouden als beschreven in paragraaf 2.2. De experimenten zijn uitgevoerd in het voorjaar-zomer van 2011 bij Wageningen UR Glastuinbouw.

5.2.1 Kooiproeven met combinaties bestrijders van rode perzikluis

Paprikaplanten werden in de kooien geplant op 8 februari 2011. Op 2 maart is iedere plant per kooi besmet met 10 rode perzikluizen. De planten hadden toen een hoogte van ca. 1 m . Twee weken later zijn de behandelingen met bestrijders uitzet (Tabel 15.) en 4 kooien zijn onbehandeld gelaten. De bladluispopulaties hadden toen een gemiddelde dichtheid van 1200 per kooi. Bij de combinatiebehandeling van sluipwespen en gaasvliegen zijn de uitzetdichtheden per soort gelijk gehouden aan de dichtheden bij de afzonderlijke behandelingen (alleen sluipwespen of gaasvliegen), waardoor de ratio bestrijder: bladluis bij de start aanzienlijk lager lag (Tabel 15.). De klimaatomstandigheden in de kooien vanaf het moment dat de bladluizen zijn aangebracht zijn weergegeven in Tabel 15.

Tabel 15. Overzicht van behandelingen en klimaatomstandigheden tijdens de kasproef waar combinaties van behandelingen onderling zijn vergeleken in hun effect op rode perzikluis.

behandelingen	ratio bestrijder : bladluis bij start	periode	temperatuur (°C)	RV (%)
Aphidius colemani (40 ♀) *Micromus variegatus* (12 p) *M. variegatus* (12 p) + *A. colemani* (40 ♀) *Chrysopa pallens* (7 p)	1:30 1:50 1:19 1:85	maart-april 2011	gem. 21,8 min. 16.6 max. 30,0	gem. 65 min. 29 max. 82

5.2.2 Kooiproeven met combinaties van bestrijders van boterbloemluis

Paprikaplanten werden in de kooien geplant op 28 april 2011. De planten waren vrij groot bij planting, waardoor 3 weken later, op 17 mei, de planten groot genoeg waren (ca. 1 m) om besmet te worden met boterbloemluis. Per plantscheut zijn 10 bladluizen uitgezet. Twee weken later zijn de behandelingen met bestrijders uitzet (Tabel 16.) en 4 kooien zijn onbehandeld gelaten. De bladluispopulaties hadden toen een gemiddelde dichtheid van 600 per kooi (na correctie bij enkele kooien). Bij de combinatiebehandeling van sluipwespen en gaasvliegen zijn de uitzetdichtheden per soort gehalveerd, waardoor de ratio's bestrijders : bladluizen bij aanvang bij ieder behandeling gelijk was (Tabel 16.). De klimaatomstandigheden in de kooien vanaf het moment dat de bladluizen zijn aangebracht zijn weergegeven in Tabel 16.

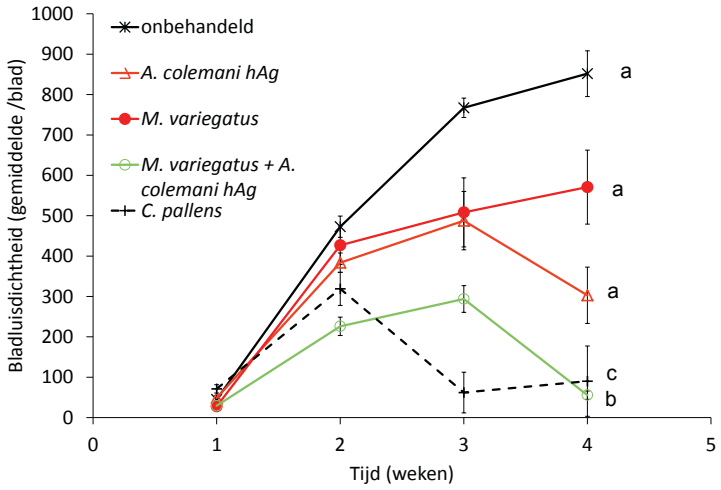
Tabel 16. Overzicht van behandelingen en klimaatomstandigheden tijdens de kasproef waar combinaties van behandelingen onderling zijn vergeleken in hun effect op boterbloemluis.

bestrijders	ratio bestrijder: bladluis bij start	periode	temperatuur (°C)	RV (%)
Aphidius ervi (16 ♀) *Aphidius gifuensis* (16 ♀) *A. ervi* + *A. gifuensis* (8+8 ♀) *A. ervi* + *A. gifuensis* (2+14 ♀) *Micromus variegatus* (8 paartjes) *M. variegatus* (4 p) + *A. er♀i* (8&)	1:38	mei-juni 2011	gem. 23,0 min. 19,2 max. 33,7	gem. 67 min. 24 max. 89

5.3 Resultaten

5.3.1 Kooiproeven met combinaties bestrijders van rode perzikluis

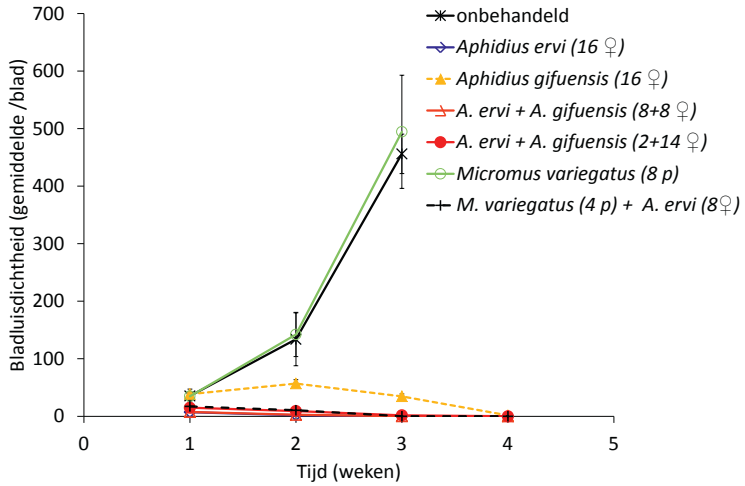
De uitzetdichtheden van zowel de gaasvliegen als sluipwespen waren niet hoog genoeg om rode perzikluis goed te kunnen bestrijden. De combinatiebehandeling van beide bestrijders geeft een aanzienlijk betere bestrijding van de afzonderlijk behandelingen (Figuur 40.). De gaasvlieg *Chrysopa pallens* gaf de beste bestrijding: in 3 van de 4 kooien werd de bladluispopulatie volledig opgeruimd.



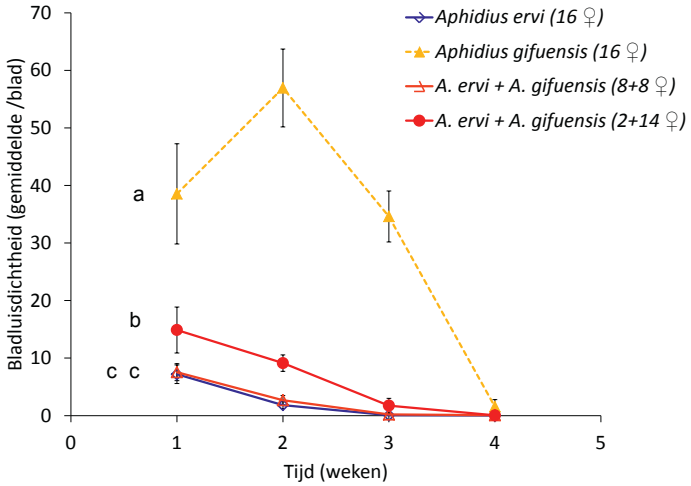
Figuur 40. Effecten van verschillende bestrijders en combinaties daarvan op de populatieontwikkeling van rode perzikluis, weergegeven als gemiddelden per blad (± s.e.m.). Verschillende letters geven significante verschillen aan tussen de behandelingen over de tijd heen (Fisher's LSD test, $p < 0.05$).

5.3.2 Kooiproeven met combinaties van bestrijders van boterbloemluis

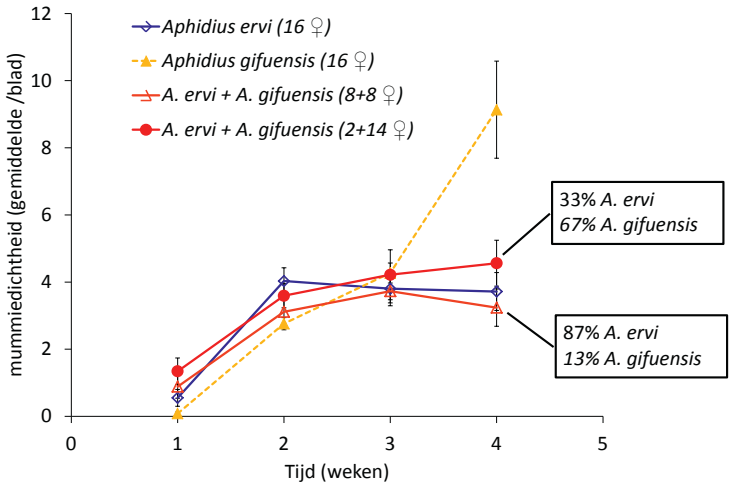
De behandeling met alleen bruine gaasvliegen (*M. variegatus*) had geen effect op boterbloemluis ten opzichte van onbehandeld. Na de derde week gingen de planten volledig dood door een te hoge bladluisdichtheid. De sluipwespen daarentegen waren zeer effectief: bij alle behandelingen en combinaties werd boterbloemluis volledig bestreden. De sluipwesp *A. ervi* gaf een snellere onderdrukking van boterbloemluis dan *A. gifuensis* (Figuur 41.). Zelfs de behandeling met maar 2 vrouwtjes van *A. ervi* en 14 vrouwtjes van *A. gifuensis* gaf een significant betere bestrijding dan de behandeling met 16 vrouwtjes van *A. gifuensis* (Figuur 42.). Door de vertraagde bestrijding bij *A. gifuensis* werd bij deze behandeling na 4 weken ook het hoogste aantal mummies gevonden.
Opvallend is dat in de gemixte behandeling van *A. gifuensis* en *A. ervi*, het aandeel *A. ervi* in de populatie sluipwespen gedurende de proef toenam. De behandeling die startte met 12% *A. ervi* eindigde met een aandeel van 33% en de behandeling met 50% *A. ervi* groeide naar 87% *A. ervi* (Figuur 43.).



Figuur 41. Effecten van verschillende combinaties van bestrijders op de populatieontwikkeling van boterbloemluis, weergegeven als gemiddelden per blad (± s.e.m.). In de vierde week zijn géén tellingen gedaan bij de onbehandelde planten en planten met alleen M. variegatus, omdat in deze behandelingen de planten stierven door een overbevolking boterbloemluis.



Figuur 42. Effecten van verschillende combinaties van de sluipwespsoorten A. ervi en A. gifuensis op de populatieontwikkeling van boterbloemluis, weergegeven als gemiddelden per blad (± s.e.m.). Verschillende letters geven significante verschillen aan tussen de behandelingen over de tijd heen (Fisher's LSD test, $p < 0.05$).



Figuur 43. Cumulatieve opbouw van mummies van boterbloemluis (geparasiteerde bladluizen) bij de verschillende combinaties van de sluipwespsoorten A. ervi en A. gifuensis, weergegeven als gemiddelden per blad (± s.e.m.).

5.4 Discussie en conclusies

De hypothese bij de start van dit onderzoek was dat verschillende bestrijders elkaar kunnen aanvullen of versterken. Bij de combinatie van bruine gaasvliegen en *A. colemani* werd inderdaad gevonden dat het gezamenlijke effect van de 2 bestrijders op rode perzikluis groter is dan het effect van de afzonderlijke bestrijders. Het effect was additief (1+ 1 = 2) en niet synergistisch (1+1= 3). Het kan zijn dat synergistische effecten zoals 'predator facilitation' werden opgeheven door negatieven effecten van gaasvliegen die geparasiteerde bladluizen eten. Bij boterbloemluis kon dit combinatie-effect niet worden aangetoond, omdat de bruine gaasvliegen door een onverklaarbare oorzaak geen enkel effect op boterbloemluis lieten zien.

De combinatie van *A. ervi* en *A. gifuensis* lijkt niet gunstig uit te pakken voor *A. gifuensis*. Bij uitzet van gemengde populaties van deze sluipwespen neemt *A. ervi* langzaam de overhand. In deze proeven was *A. ervi* duidelijk meer effectief dan *A. gifuensis* in de bestrijding van boterbloemluis, terwijl dat in de eerder kooiproeven (paragraaf 2. 3.3.) niet zo was. Het viel in deze proef op dat de sluipwespen van *A. gifuensis* zeer klein waren, maar dat de generaties afkomstig van boterbloemluis aanzienlijk groter waren. Mogelijk dat wanneer *A. gifuensis* op een grotere gastheer wordt gekweekt, de effecten op boterbloemluis ook veel beter zijn.

6 Praktijkevaluaties nieuwe sluipwespen

6.1 Inleiding

In maart 2010 is de sluipwesp *A. matricariae* door Koppert Biological Systems op de markt gezet (van Schelt & Messelink, 2010). Op diverse bedrijven is vanaf toen geëxperimenteerd met de uitzet van deze sluipwesp. Voor de sluipwesp *A. gifuensis* is een ontheffing aangevraagd, maar de praktijkintroducties zijn beperkt gebleven, omdat de massakweek nog niet voldoende was ontwikkeld. Hieronder geven we enkele impressies weer vanuit de praktijk.

6.2 Opzet waarnemingen

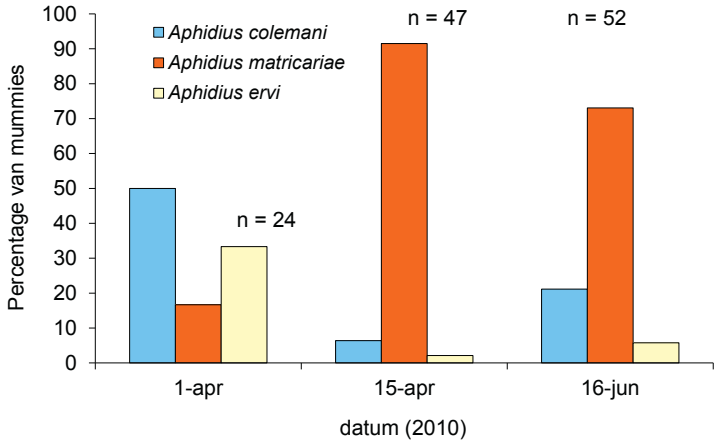
Tijdens een workshop met telers in het najaar van 2010 is bij 9 biologische en 3 gangbare paprikatelers geïnventariseerd welke bladluissoorten aanwezig waren en bestrijders op de bedrijven zijn uitgezet. Bij 4 biologische telers zijn gedurende de teelt geparasiteerde bladluizen verzameld om te bepalen welke deel van de luizen door welke sluipwespsoort was geparasiteerd.

6.3 Resultaten

De nieuwe sluipwesp *A. matricariae* is volop ingezet door de paprikatelers (Tabel 17.). Bij de Biologische telers was het aantal soorten bestrijders veel groter dan bij de gangbare telers. Op de bedrijven waar bemonsterd is werden bladluizen teruggevonden die naast *A. ervi* en *A.* colemani ook door *A. matricariae* waren geparasiteerd. Het aantal sluipwespen dat uit mummies werd teruggevonden lag vaak erg laag door hyperparasitering (parasieten die de geparasiteerde bladluizen parasiteren). Bij teler G was *et al.* vroeg in het seizoen een hoge plaagdruk van groene perzikluis. Begin april zijn toen, naast de eerdere loslatingen van *A. ervi* en *A. colemani* extra sluipwespen van *A. matricariae* uitgezet. Op dit bedrijf zijn op 1 en 15 april en 16 juni dichte mummies verzameld om te bepalen welke sluipwespen de bladluizen hadden geparasiteerd. Op 15 april en 16 juni bleek dat 70 tot 90% van de bladluizen geparasiteerd was door *A. matricariae*.

Tabel 17. Overzicht van bladluissoorten en uitgezette bestrijders op biologische en gangbare paprikabedrijven.

	bladluissoort					bladluiswespen					bladluispredatoren					tripspredatoren					spint			overig	
teler eko	perzik rood	perzik groen	boterbloem	aardappeltop	overig	A. ervi	A. colemani	A. matricariae	Aphelinus	Praon (spontaan)	galmuggen	zweefvliegen	Adalia	Harmonia	gaasvliegen	O. laevigatus	O. majusculus	A. swirskii	N. cucumeris	I. degenerans	P. persimilis	N. californicus	Feltiella	Macrolophus	Frankliniella
A	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x		x		x		x		x				
B		x	x			x	x	x	x	x	x	x				x	x		x		x			x	
C	x	x				x	x	x			x	x			x	x	x		x		x		x	x	
D	x	x	x			x	x	x	x		x	x	x		x	x	x		x		x			x	
E	x	x	x			x	x	x	x		x	x	x		x		x		x		x		x	x	
F	x	x	x			x	x	x	x		x	x	x		x	x	x		x		x		x	x	
G	x	x	x			x	x	x	x		x	x	x		x	x	x		x			x			
H	x	x	x	x		x	x	x	x		x	x				x			x		x		x	x	
I	x	x	x			x	x	x	x		x					x			x		x		x		
teler gangbaar																									
J	x	x	x			x										x	x	x			x		x	x	
K																									
L	x	x	x					x	x							x		x			x		x	x	



Figuur 44. Percentage mummies van perzikluis dat in het voorjaar van 2010 op een praktijkbedrijf (G) is geparasiteerd door de 3 soorten sluipwespen.

6.4 Discussie en conclusies

De prestaties van de nieuwe sluipwespen *A. matricariae* en *A. gifuensis* ten opzichte van standaard soorten *A. colemani* en *A. ervi* zijn tot nu toe beperkt geëvalueerd op praktijkbedrijven. De komende jaren is het aan te bevelen om structureel te bepalen welke wespen het meest effectief zijn onder welke omstandigheden. De studies in dit onderzoek geven aan dat temperatuur en mogelijk lichtintensiteit de effectiviteit van sluipwespen beïnvloedt. Inmiddels is *A. matricariae* breed toegepast in de praktijk en deze sluipwespsoort lijkt een goede aanvulling te zijn op het pakket bestrijders tegen perzikluis.

Aangetekend moet worden dat in deze studie alle testen zijn gedaan op de rode vorm van perzikluis. Het verdient aanbeveling om in de toekomst ook de groene vorm in het onderzoek te betrekken omdat deze meer en meer gevonden wordt in de praktijk en andere eigenschappen kan hebben.

7 Conclusies en aanbevelingen

Sluipwespen van het geslacht *Aphidius* staan bekend als een van de meest effectieve en specialistische vijanden van bladluis. Biologische paprikatelers zetten sluipwespen dan ook standaard wekelijks in. Tot voor kort werd vooral *Aphidius colemani* ingezet tegen kleinere bladluissoorten en *Aphidius ervi* tegen de grotere soorten. De vraag is echter of dit wel de beste sluipwespen zijn voor de bladluissoorten in paprika. In paprika zijn de perzikluis *Myzus persicae* (groene en rode varianten) en boterbloemluis *Aulacorthum solani* de meest schadelijke bladluissoorten. Afgelopen 3 jaar heeft Wageningen UR Glastuinbouw samen met Koppert Biological Systems een aantal nieuwe sluipwespsoorten onderzocht. Er is in kooi- en kasproeven gekeken naar effectiviteit en zoekgedrag van verschillende soorten sluipwespen tegen perzikluis en boterbloemluis. De bestrijding van rode perzikluis kon aanzienlijk verbeterd worden met de sluipwesp *Aphidius matricariae* . Het lijkt erop dat deze wespen actiever zijn in dichte bladluiskolonies. Inmiddels is deze soort op de markt gebracht en wordt hij volop ingezet bij paprikatelers. Voor boterbloemluis is deze wesp niet geschikt. *Aphidius ervi* is en blijft een effectieve sluipwesp voor de bestrijding van boterbloemluis. Voor de bestrijding van zowel boterbloemluis en perzikluis lijkt *Aphidius gifuensis* interessant. Het gebeurt nog wel eens dat beide bladluissoorten aanwezig zijn. Wanneer *A. gifuensis* zich kan vestigen op perzikluis kan dit een voordeel zijn voor de bestrijding van boterbloemluis. De waarde van deze sluipwesp moet nog verder beoordeeld worden op praktijkschaal.
Naast sluipwespen is in dit project ook gekeken naar nieuwe gaasvliegsoorten. Tot nu toe wordt alleen de groene gaasvlieg *Chrysoperla carnae* ingezet als larven om bladluishaarden te bestrijden. De volwassen gaasvliegen van deze soorten eten geen bladluis en de soort blijkt zich ook slecht te vestigen in kassen. In Europa komen tientallen andere soorten voor, waaronder gaasvliegen waarvan de volwassenen ook bladluis eten. Afgelopen 2 jaar zijn diverse soorten uit Europa getest. In kooiproeven blijken sommige soorten zeer effectief te zijn tegen bladluis, maar tot nu toe is er nog geen goede vestiging en populatieopbouw in kassen waargenomen.

Hoe moet het verder?
Het onderzoek laat zien dat bladluisbestrijding absoluut verbeterd kan worden met nieuwe bestrijders. Het probleem is nog wel dat een volledige biologische bestrijding nog erg duur is. Verder blijven sluipwespen gevoelig voor hyperparasieten, wat de bestrijding behoorlijk kan verstoren. Het relatief dure systeem op basis van wekelijkse loslatingen van o.a. sluipwespen kan een enorme blokkade zijn voor telers die willen omschakelen naar residuvrije teeltsystemen. Het is daarom zaak een zodanige aanpak te ontwikkelen dat ook de bestrijding van bladluis zonder chemische middelen op een goedkope en betrouwbare manier gedaan kan worden. Voor zo'n aanpak is een systeembenadering nodig die het totale teeltsysteem zo weerbaar mogelijk maakt. Dit kan bijvoorbeeld door inzet van effectieve generalistische predatoren, weerbare planten die bladluizen remmen in de ontwikkeling en systemen die de vestiging van natuurlijke vijanden ondersteunen. Verder is het goed te kijken welke bestrijders elkaar goed aanvullen (ipv tegenwerken) en is er behoefte aan een selectief biologisch correctiemiddel.

8 Referenties

Acheampong, S., D. R. Gillespie, and D. Quiring. 2007.
Parasitoids of *Myzus persicae* and *Aulacorthum solani* on pepper crops in British Columbia. Journal of Insect Science 7:2-2.

Canard, M., A. Letardi, and D. Thierry. 2007.
The rare Chrysopidae (Neuroptera) of southwestern Europe. Acta Oecologica-International Journal of Ecology 31:290-298.

Gillespie, D. R., D. J. M. Quiring, R. G. Foottit, S. P. Foster, and S. Acheampong. 2009.
Implications of phenotypic variation of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) for biological control on greenhouse pepper plants. Journal of applied entomology 133:505-511.

Henry, Ch.S., 1985.
The proliferation of cryptic species in Chrysoperla green lacewings through song divergences. The Florida Entomologists, 68: 18-38.

Henry, Ch.S., Brooks, S.J., Johnson, J.B. & Duelli, P. 1996.
Chrysoperla lucasina (Lacroix): a distinct species of green lacewing, confirmed by acoustical analysis (Neuroptera: Chrysopidae). Systematic Entomology, 21 : 205-218.

Hofsvang, T. and E. B. Hagvar. 1982.
Comparison between the parasitoid *Ephedrus cerasicola* Stary and the predator *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani) in the control of *Myzus persicae* (Sulzer). Zeitschrift Fur Angewandte Entomologie-Journal of Applied Entomology 94:412-419.

Kavallieratos, N. G., Z. Tomanovic, P. Stary, V. Zikic, and O. Petrovic-Obradovic. 2010.
Parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) attacking aphids feeding on Solanaceae and Cucurbitaceae crops in Southeastern Europe: Aphidiine-aphid-plant associations and key. Annals of the Entomological Society of America 103:153-164.

Martinou, A. F. and D. J. Wright. 2007.
Host instar and host plant effects on Aphidius colemani. Journal of applied entomology 131:621-624.

Meisner, M., J. P. Harmon, and A. R. Ives. 2007.
Presence of an unsuitable host diminishes the competitive superiority of an insect parasitoid: a distraction effect. Population Ecology 49:347-355.

Sanchez, J. A., M. La-Spina, J. M. Michelena, A. Lacasa, and A. H. de Mendoza. 2011.
Ecology of the aphid pests of protected pepper crops and their parasitoids. Biocontrol Science and Technology 21:171-188.

Stary, P. 1988.
Parasites. Pages 171-188 in A. K. Minks and P. Harrewijn, editors. Aphids, their biology, natural enemies and control. Elsevier, Amsterdam.

Sidney, L. A., V. H. P. Bueno, L. H. R. Pereira, D. B. Silva, J. C. Lins, and J. C. v. Lenteren. 2011.
Quality of *Myzus persicae* (Hem.: Aphididae) as host for *Praon volucre* (Hym.: Braconidae: Aphidiinae). IOBC/wprs 68:177-180.

Takada, H. 2002.
Parasitoids (Hymenoptera : Braconidae, Aphidiinae; Aphelinidae) of four principal pest aphids (Homoptera : Aphididae) on greenhouse vegetable crops in Japan. Applied Entomology and Zoology 37:237-249.

Tolman, Y. 2010.
Waterkwaliteit glastuinbouwgebied Delfland 2005-2009.
Rapport Hoogheemraadschap van Delfland, 53 pp.

Van Schelt, J & G.J. Messelink. 2010.
Aphidius matricariae: een nieuw wapen tegen rode luis. Onder Glas 7: 22-23.

van Schelt, J., H. Hoogerbrugge, N. Becker, G. Messelink, and K. Bolckmans. 2011.
Comparing *Aphidius colemani* and *Aphidius matricariae* on *Myzus persicae* ssp. *nicotianae* in sweet pepper. IOBC/wprs 168:169-172.

van Steenis, M. J. 1993.
Intrinsic rate of increase of *Aphidius colemani* Vier. (Hym., Braconidae), a parasitoid of *Aphis gossypii* Glov. (Hom., Aphididae), at different temperatures. Journal of applied entomology 116:192-198.

van Steenis, M. J. 1995.
Evaluation of four aphidiine parasitoids for biological control of *Aphis gossypii*. Entomologia Experimentalis Et Applicata 75:151-157.

Zamani, A. A., A. Talebi, Y. Fathipour, and V. Baniameri. 2007.
Effect of temperature on life history of Aphidius colemani and Aphidius matricariae (Hymenoptera : Braconidae), two parasitoids of *Aphis gossypii* and *Myzus persicae* (Homoptera : Aphididae). Environmental Entomology 36:263-271.



Productschap Tuinbouw

KOPPERT BIOLOGICAL SYSTEMS

Projectnummer: 3242055800 | PT nummer: 13392

